



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

보건의료분야 블록체인 기술 활용방안
(A study on the application of blockchain technology
in healthcare)

연세대학교 보건대학원
국제보건학과 보건의료법윤리전공
김 정 은

보건의료분야 블록체인 기술 활용방안
(A study on the application of blockchain technology
in healthcare)


지도 김 소 윤 교수

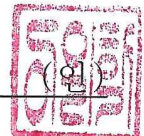
이 논문을 보건학 석사학위 논문으로 제출함

2019 년 6 월 일

연세대학교 보건대학원
국제보건학과 보건의료법윤리전공
김 정 은

김정은의 보건학 석사학위 논문을 인준함.

심사위원 김 소 윤  (인)

심사위원 이 일 학  (인)

심사위원 오 재 섭  (인)

연세대학교 보건대학원

2019 년 6 월 일

감사의 글

어느 덧 논문의 마무리시점에 도래하여 졸업을 앞두고 있다는 사실이 새삼스럽게 다가옵니다. 제 이름이 새겨진 논문을 남기게 된다는 사실이 설렘지만 동시에 잘하고 싶은 욕심이 제 자신을 괴롭히기도 했던 시간들이었습니다. 그래도 꾸준히 달려오다 문득 고개를 들어보니 아득히 멀게 만 느껴졌던 도착지가 어느 덧 목전에 와 있습니다.

작년 가을 김소운 교수님께서 블록체인이라는 단어를 처음 건네주셨던 그 순간 저는 비밀상자를 선물 받은 기분이었습니다. 블록체인에 대한 개념이 전무했던 저였음에도 불구하고 무엇에 홀린 듯이 그때부터 블록체인을 이해하고자 무던히도 애썼던 기억이 생생합니다. 그렇게 가을이 지나 추운 겨울이 오고 따뜻한 봄이 지나 햇살이 뜨겁게 빛나는 여름이 되고 나서야 그 선물의 형태를 어렵풋하게나마 그려볼 수 있게 되었습니다.

제가 연구해보고 싶은 대로 자유롭게 연구할 수 있도록 응원해주시고 이리저리 정신없이 뻗어나가 흠뻑려져있는 생각들을 논문이라는 작품이 될 수 있도록 이끌어주신 교수님 덕분에 지금의 제가 있을 수 있게 되었습니다.

그리고 지금에 안주하지 않고 다시 생각해볼 수 있도록 예리한 질문들을 던져주신 이일학 교수님, 외부에서 진행된 블록체인 강의를 한 번 수강했을 뿐인 학생이 무턱대고 논문의 심사위원을 부탁드렸는데 흔쾌히 응해주시고 논문의 완성도를 높이기 위해 적극적으로 많은 조언을 아끼지 않으신 오재섭 교수님 감사합니다.

또한 설문에 정성껏 참여해주신 모든 전문가님들과 김병로 팀장님, 감사묵 팀장님 포함해서 저를 응원해주신 모든 분들 감사합니다.

마지막으로 적극적으로 곁에서 힘이 되어준 동생 김영은과 제부 정영우, 그리고 언제나 한결같은 사랑을 주시고 제가 무엇을 하더라도 저를 믿고 무한한 응원을 보내주시는 부모님 정말 사랑합니다.

이제 논문에 마침표를 찍고 제 손을 떠나보내려니 뿌듯하면서도 아직 너무 부족하고 미진한 부분이 많아 저어되기도 합니다. 십여 년의 임상경험을 바탕으로 블록체인을 적용할 수 있는 모든 의료분야의 활용방안을 실증적으로 표현하고 싶다는 포부를 갖고 여기까지 달려왔지만 알면 알수록, 배우면 배울수록 제가 가진 지식은 아직 너무나도 부족하다는 것을 거듭 깨닫게 됩니다. 그러나 이 논문이 다음 연구를 위한 디딤돌로서 역할을 할 수 있다면 그 존재의 가치가 있을 것이라 생각하고 이쯤에서 아쉬운 마음을 접어두려 합니다.

고맙습니다.

2019년 6월

김정은 올림

차 례

국문 요약

I. 서론

1. 연구배경 및 필요성	1
2. 연구목적	2
3. 연구방법	3

II. 블록체인 기술 발전과정과 원리

1. 블록체인 기술 발전과정	8
2. 블록체인의 개념과 원리	11
2.1 해시함수를 통한 암호화(SHA-256)	16
2.2 채굴(Mining)	19
2.3 머클 트리(Merkle tree)	20
2.4 비대칭 키 암호화	22
2.5 비가역적 타임스탬프	24
2.6 스마트 계약	25
2.7 가상화폐공개(ICO)	26

III. 보건의료분야에서 활용 가능한 블록체인 기술의 특성 및 분야

1. 블록체인 기술의 특성	28
----------------------	----

1.1 무결성과 신뢰성	30
1.2 투명성	31
1.3 보안성	31
1.4 스마트계약	32
1.5 탈중앙성	33
2. 활용 가능한 기술 분야	34
2.1 빅데이터	35
2.2 인공지능	36
2.3 정밀의료	37
2.4 사물인터넷	38

IV. 보건의료분야 블록체인 기술 활용방안

1. 개인의 활용방안	39
1.1 의료정보 소유 및 활용	40
1.2 건강정보 소유 및 활용	43
2. 의료제공자의 활용방안	44
2.1 의료기관 정보 위·변조 방지	45
2.2 의료보험 가입, 청구 및 심사	47
2.3 보건의료분야 암호화폐	49
3. 공공부문의 활용방안	59
3.1 클라우드(Cloud)를 이용한 의료정보 공유	60

3.2 의약품의 품질 및 사용 관리	68
3.3 임상시험 결과 조작 방지	73
3.4 감염정보 공유	75
3.5 건강보험증	76

V. 보건의료분야 블록체인 기술 활용 시 고려사항

1. 블록체인의 비가역성 해결	79
2. 블록체인 기술의 특성에 따른 가치 비교	83
3. 보건의료정보의 소유권 확립 및 표준화	88
4. 의료서비스의 다양화 및 업무의 변화	99

VI. 고찰 및 결론

1. 고찰	103
2. 결론	104

참고문헌	106
------------	-----

부록

< 부록 1 > 대상자 설명문	114
< 부록 2 > 1차 설문지	118
< 부록 3 > 2차 설문지	120

< 부록 4 > 설문응답정리	126
-----------------------	-----

Abstract	137
----------------	-----

표 차 례

< 표 1 > 블록체인 기술의 발전과정	9
< 표 2 > 블록체인의 유형 별 특징	13
< 표 3 > 입력 값에 따른 SHA-256 해시 값의 예시	17
< 표 4 > ICO와 IPO 비교	27
< 표 5 > 현재 의료시스템의 문제점	28
< 표 6 > 의료분야에 적용 시 고려할만한 블록체인의 장점	29
< 표 7 > 의료분야에 블록체인과 융합하기 좋은 기술	34
< 표 8 > 의료분야에 블록체인 적용 시 예상되는 이익집단	39
< 표 9 > 의료 블록체인 활용방안의 적합성 평가(개인)	39
< 표 10 > 의료 블록체인 활용방안의 적합성 평가(의료제공자)	45
< 표 11 > 의료분야에 토큰 이코노미 적용 가능성	55
< 표 12 > 의료 블록체인 활용방안의 적합성 평가(공공부문)	59
< 표 13 > 의료분야에 블록체인 적용 시 기술적 한계점	79
< 표 14 > 의료분야에 블록체인 적용 시 상충되는 가치 비교	83
< 표 15 > 의료정보의 소유권자	88
< 표 16 > 의료분야에 블록체인 적용 시 제약사항	98

그 립 차 례

< 그림 1 > Apache Open Office 사이트 정품인증 해시	18
< 그림 2 > 머클 트리의 기본 구조	21
< 그림 3 > 머클 트리의 변형 구조	22
< 그림 4 > 비대칭 키를 이용해 메시지 보내기	23
< 그림 5 > 비대칭 키를 이용해 비밀 메시지 수신하기	24
< 그림 6 > 블록체인 도입 시 현 의료시스템 문제해결 가능성	29
< 그림 7 > ICO 통한 의료분야 블록체인 사업 확장 가능성	56
< 그림 8 > ICO, 클라우드 펀딩을 통한 의료기관 설립 가능성	57
< 그림 9 > 암호화폐 없는 의료분야 블록체인 구축 가능성	57
< 그림 10 > 보안성 - 투명성/신뢰성 가치 비교	84
< 그림 11 > 보안성 - 효율성/편의성 가치 비교	85
< 그림 12 > 보안성 - 공공성 가치 비교	86
< 그림 13 > 보안성 - 영리추구 자율성 가치 비교	86
< 그림 14 > 공공성 - 영리추구 자율성 가치 비교	87

국 문 요 약

최근 블록체인에 대한 관심이 전 세계적으로 높아지면서 금융 분야뿐만 아니라 의료분야에 이르기까지 많은 분야에서 블록체인 기술을 접목하기 위한 다양한 시도가 이어지고 있다. 블록체인 기술은 의료분야에서 의료정보와 관련된 문제를 해결해줄 수 있는 해결책으로 주목받고 있다. 현재 의료분야의 중앙집중형 전산시스템은 외부의 공격이나 내부 관리자에 의한 위·변조 등의 위험에 노출되어 있다. 또한 의료정보를 의료기관이 독점하고 있어 환자는 자신의 의료정보를 소유하거나 활용하는데 한계가 있으며, 병원 간 의료정보가 공유되지 않아 타 병원에서는 환자의 정확한 정보를 확인하기 어려운 상태이다.

블록체인 기술은 제2의 인터넷이라고 불릴 만큼 커다란 사회적 파장을 몰고 올 것이라 예상되지만 보건의료분야에서 블록체인 활용방안에 대해 진행된 연구는 드물다. 그마저도 IT전문가나 컨설턴트에 의한 연구가 대부분을 차지하고 의료계 종사자에 의한 실증 연구는 거의 진행되지 못한 상태이다. 보건의료분야는 국가보험정책 및 사회경제적 영향을 강하게 받는 분야이므로 해외의 연구사례를 그대로 도입할 수 없는 특수성이 있는 분야로 우리나라에 맞는 개별적인 연구가 진행되어야 한다. 또한 보건의료분야에 블록체인을 적용하기 위해서는 블록체인 개발자뿐만 아니라 의료인, 보험전문가, 경영인, 법조인, 데이터 전문가 등 여러 분야 전문가들의 다각적인 견해가 필요하다. 따라서 본 연구는 보건의료 블록체인과 관련된 다양한 분야의 전문가들을 대상으로 델파이 기법을 적용하여 연구를 진행하였다. 설문은 2차에 걸쳐 진행되었으며, 최종 설문을 완료한 연구대상자는 38명이었다.

연구결과 의료분야에 적용 시 고려할만한 블록체인의 가장 큰 장점으로 38명 중 17명(44.74%)이 ‘의료정보의 무결성(위·변조 불가능)’을 꼽았고, 의료분야에 블록체인과 융합하기 좋은 IT 기술로는 38명 중 17명(44.74%)이 ‘빅데이터’라고 답했다. 의료정보의 소유권은 38명 중 33명(86.84%)이 ‘개인(환자)’에게 있다고 응답했고, 의료분야에 블록체인을 접목함으로써 이익을 보게 될 것으로

예상되는 집단은 38명 중 21명(55.26%)이 ‘개인(환자)’이라고 답했다. 현재 의료시스템의 가장 큰 문제점으로는 38명 중 12명(31.58%)이 ‘자신의 의료정보 소유 및 관리 불가’를 꼽았고, 블록체인 적용 시 현존하는 의료시스템의 문제가 해결될 것으로 예상하는지에 대해서는 38명 중 19명(50%)이 긍정적으로 보았다. 의료분야에 블록체인 적용 시 제약사항에 대해 38명 중 24명(63.16%)이 ‘엄격한 의료정보보호 관련 법률’을 꼽았고, 블록체인의 기술적 특성이나 한계점 중 가장 큰 고려사항으로는 38명 중 14명(36.84%)이 ‘한번 기록을 올리고 나면 수정, 삭제가 불가함’을 꼽았다. 블록체인을 적용 가능한 세부 의료분야로는 ‘의료정보 병원 간 공유’, ‘자신의 의료정보 소유, 관리 및 활용’, ‘전자 처방전 발행’, ‘타임스탬프를 통해 병원 의료정보의 악의적 위·변조 방지’, ‘(실손)의료보험 간편 가입, 청구 및 심사’, ‘개인의 유전자정보 저장 및 활용’, ‘의약품의 품질관리 및 고위험 의약품의 투명한 사용 관리’, ‘개인이 생산해내는 건강정보의 가치부여 및 활용’, ‘전자 건강보험증’, ‘임상시험의 결과 조작 방지’, ‘암호화폐 보상을 기반으로 한 의료전문가의 인터넷 상담’, ‘외국인 환자 원격진료 후 암호화폐로 진료비 결제’ 등이 있었고, 그 중에서 38명 중 32명(84.21%)이 ‘의료정보 병원 간 공유’ 분야가 블록체인을 적용하기에 적합하다고 응답했다. 보건의료분야에 블록체인을 활용하게 되면 보건의료종사자의 업무형태가 변화할 것이며, 의료서비스가 훨씬 다양해질 것으로 예상된다.

블록체인은 다양한 형태로 진화를 거듭하고 있는 미래지향적인 기술로써 무한한 발전 가능성을 내포하고 있다. 블록체인은 개발 자체보다는 본질적인 개념을 이해하기가 어려운 기술이므로 블록체인을 보건의료분야에서 활발하게 활용하기 위해서는 블록체인의 개념을 이해한 통찰력과 창의력을 갖춘 의료전문가가 필요하다. 본 연구에서 제시한 보건의료분야의 블록체인 활용방안에 대해 추후 개별적인 실증연구가 요구된다.

핵심어 : 보건의료, 블록체인, 활용방안, 텔레이, 의료정보, 미래예측

I. 서론

1. 연구배경 및 필요성

2016년 세계경제포럼(World Economic Forum)에서 2025년까지 블록체인 기반의 플랫폼이 전 세계 GDP의 약 10%를 차지할 것이며, 전 세계 은행의 80%가 블록체인 기술을 도입하게 될 것이라고 예측했다(World Economic Forum, 2016). 국내 블록체인 시장 규모는 2017년 324억 원에서 평균 61.5%의 성장률을 기록하여 2022년에는 3,562억 원으로 성장할 것으로 전망된다(KISTI, 2017).

2018년 10월 박원순 서울시장은 스위스 취리히에서 ‘블록체인 도시 서울 추진계획(2018~2022년)’을 발표했다. 5년간 총 1,233억 원의 예산을 투입해 블록체인 산업 생태계를 조성하고, 서울을 블록체인 기반의 ‘스마트 도시’로 키운다는 계획이다.

4차 산업혁명의 시대가 초연결, 초지능, 초신뢰의 시대라고 할 때, 초신뢰 시대를 실현하는 기술 중 하나가 바로 블록체인이다. 블록체인은 이제 막 시작된 성장 잠재력이 높은 기술이며 다양하게 변화와 진화를 거듭해나가고 있는 4차 산업혁명 시대에 없어서는 안 될 핵심 기술이다.

이러한 블록체인 기술은 최근 금융 분야에서 가장 활발히 연구되고 있으나 보건의료분야에서도 블록체인 기술을 도입하기 위한 노력이 진행 중이다. 현재 의료정보시스템은 외부의 공격이나 내부 관리자에 의한 정보 무단 유출 및 오남용의 위험이 존재한다(오성원 외, 2017). 또한 환자 스스로 자신의 의료정보를 소유하고 관리하고 공유할 수 없다는 문제점이 있다. 환자가 자신의 정보를 소지하기 위해서는 병원을 방문하여 사본발급신청을 하고 수수료를 지불해야 한다. 종이나 CD 형태로 발급받은 의료정보는 활용이나 공유에 한계가 있다는 단점도 있다. 단순히 개인정보에 대한 권리행사의 제한점뿐만 아니라 응급상황에서 타 병원 기록을 바로 확인하기 어렵다는 치명적인 문제점 또한

존재한다. 환자의 의료정보를 보유하지 않은 병원에서는 내원한 환자의 진료 이력을 확인하고 질병력을 파악하는 것이 불가능하기 때문에 전적으로 환자나 보호자의 부정확한 설명에 의존하거나 사본을 발급해오도록 요청할 수밖에 없는 실정이다. 만약 의식 없는 환자가 보호자 없이 응급실에 내원하게 되는 경우 해당 환자의 진료이력을 확인할 수 없어 원인 규명하느라 긴급한 응급처치가 지연되는 경우가 빈번하게 발생한다.

블록체인은 암호화기술로 정보 유출에 대한 우려를 불식시킴과 동시에 자신의 의료정보를 개인이 소유할 수 있고 필요시 손쉽게 정보를 공유할 수 있는 새로운 의료정보시스템 구축의 가능성을 제시해주는 기술이다.

블록체인이 새로운 가능성을 제시해주는 기술임에도 불구하고 보건의료분야에서는 실제 블록체인 기술이 적용되어 활용된 실증사례가 극히 드물고 보험체계와 의료분야에 대한 공익적 이념이 나라마다 달라 외국의 사례를 그대로 우리나라에 적용할 수도 없는 사회 제도적 특수성이 있는 분야이다.

현재 블록체인에 관한 대부분의 연구는 블록체인의 개념, 정의, 특성, 적용 가능성, 전망 등에 관한 주제로(오성원 외, 2017; 최병삼 외, 2017)로 이루어지고 있으며 실증연구가 미흡한 편이다. 기존의 연구들은 의료종사자의 수용 의도 조사나 의료정보 활용과 관련된 특정 분야에서의 접목 가능성을 다룬 것들이 많았다. 또한 의료계 종사자의 시각이 아닌 IT나 정책 관련 연구자로서 진행된 연구가 많아 보건의료분야의 실무적인 부분보다는 기술적인 부분에 중점을 둔 연구가 많았다. 이는 블록체인 기술이 아직 초기단계에 해당하기 때문이라 유추할 수 있다. 따라서 블록체인의 특성을 면밀히 파악하고 블록체인 기술이 어떤 보건의료분야에 어떻게 도입될 수 있는지에 대한 실증 연구가 필요하다(박정홍, 2018).

2. 연구목적

본 연구에서는 현재의 법률에서 제시하는 경계선에 얽매이거나 현존하는 특

정 블록체인 기술이나 형태에 접목할 수 있는 방안에 대해 타진하지 않고 블록체인의 개념적 의미를 대입해서 미래의 기술인만큼 보건의료분야 전반에 걸친 포괄적 활용가능성을 검토하여 제시하고자 한다.

구체적인 연구목적은 다음과 같다.

첫째, 블록체인을 보건의료분야에 적용함에 있어서 알아야 할 블록체인의 특성과 개념에 대해 파악한다.

둘째, 보건의료분야에 블록체인을 적용할 때 고려해야할 블록체인의 특성과 보건의료분야의 특수성에 대해 분석하고 관련 법률의 내용을 확인한다.

셋째, 보건의료분야에 블록체인 기술을 적용할 수 있는 모든 활용방안을 분석하고, 적용 시 마주하게 될 제약사항이나 한계점을 파악한 후 해결방안을 제시한다.

넷째, 델파이 기법의 설문조사를 통해 도출된 각 이슈에 대한 다양한 전문가의 견해를 취합하여 분석한다.

다섯째, 문헌고찰과 델파이 기법의 설문결과를 바탕으로 블록체인을 적용한 보건의료분야의 미래를 예측하고 앞으로 나아갈 방향에 대해 파악한다.

여섯째, 의료인의 입장에서 본 보건의료분야의 블록체인 활용방안을 통합적으로 제시하여 실증적인 다음 연구를 위한 기초자료를 제공한다.

3. 연구방법

이 연구는 문헌고찰과 델파이 기법을 활용하여 수행되었다.

3.1 문헌고찰

문헌고찰이란 연구주제에 대한 기존의 문헌을 검토해서 연구의 질문을 만들고, 질문에 대한 답을 찾기에 적절한 방법론을 선택하기 위한 활동을 의미한다.

본 연구에서는 블록체인의 개념을 파악하고 적용 가능한 의료 세부분야를 확인하기 위해 기존 문헌을 검토하고 관련된 실무 현황을 함께 확인하였다. 또한 사회적인 관심도를 파악하기 위해 언론이나 컨퍼런스 등의 미디어 동향을 파악하였다. 공공기관의 시범사업이나 국가 정책 자료를 토대로 국가가 나아가고자 하는 방향에 대해 확인하였으며 관련된 현행 법률의 내용을 분석하였다.

3.2 델파이 기법

델파이 기법은 전문적 견해에 근거하여 앞으로 일어날 수 있는 다양한 상황을 예상하고 이에 대한 대안을 제시하는 방법으로 사회과학 분야에서 많이 활용되고 있다(이종성, 2001). 본래 델파이라는 말은 미국의 랜드(RAND)연구소의 철학자 캐플란(Kaplan)에 의해 고안되었는데, 1950년대 국방성의 요청에 따라 미국에 대규모 원자탄 공격이 가해졌을 경우 예상되는 효과를 전문가들이 평가할 목적으로 고안된 연구 방법이었다(이성웅, 1987; 강영호 외, 1998; Woudenberg, 1991).

델파이 기법은 인간의 판단에 근거하여 예측 또는 해결 방안을 도출하려는 목적으로 활용된다(Rowe & Wright, 1999). 따라서 델파이 기법은 양적인 방법에 의한 측정으로는 쉽게 결정될 수 없는 정책이나 쟁점이 되는 사회문제에 대하여 일련의 전문가 집단의 의견과 판단을 추출하고 종합하여 집단적 합의를 도출해 내는 기법이다. 특정 정책, 이슈에 대한 동의가 부족하거나 지식이 불완전하다고 생각될 때 수행된다(Delbecq Andre et al, 1986; Rowe & Wright, 1999).

델파이 기법은 물리적 회의 장소에 제한을 받지 않고, 전문가들의 의사소통

과정을 구조화하여 절차의 반복과 통제된 피드백, 응답자의 익명성 보장, 통계적 집단반응의 절차를 통해 다수의 의견을 수렴한다(이종성, 2001; 노승용, 2006; 박경준, 2008). 특히, 델파이 기법의 기본 가정은 두 사람의 의견이 한 사람의 의견보다 정확하다는 계량적 객관성 원리와 다수의 판단이 소수의 판단보다 정확하다는 민주적 의사결정 원리에 근거를 두고 있다. 특히 표본으로 선정된 전문가 집단의 집단사고를 배제할 수 있고 타인의 영향력을 고려할 필요가 없다는 장점으로 인해 다른 집단의사결정 방법보다 널리 사용되어 왔다(최원희, 2010). 즉, 델파이 기법은 소수 전문가들의 의견을 수집, 수렴하는 과정을 통해 정확한 추정치 및 정책적 대안을 찾으려고 할 때 적합한 방법으로 평가된다. 또한, 몇몇 사람의 의견이나 분위기에 휩쓸리는 편향된 토의에 쏟는 시간과 노력의 낭비를 줄일 수 있고, 시간적, 경제적으로 비용을 절감할 수 있다는 장점이 있다.

이에 반해 조사내용에 대한 구체적인 기술이 없이 조사 참여자들에게만 의존함으로써 연구의 초점에서 벗어나는 문제가 발생할 수 있고, 반복적인 조사로 인한 회수율 저하와 일정 정도의 조사시간이 필요하다는 단점이 있다.

그럼에도 불구하고 델파이 기법은 양적 통계분석, 질적 분석으로 파악할 수 없는 전문가들의 정책형성과정과 체계적인 정책대안 검토를 시도할 때 강점을 지니고 있어 많은 연구에서 활용되고 있다(배주미 외, 2010).

본 연구의 설문기간은 2019년 3월 8일부터 2019년 3월 26일까지 총 19일간이었으며 델파이 기법에 의거하여 총 2차에 걸친 설문조사를 통해 진행되었다. 1차 설문지는 개방형 질문으로 전문가들이 다양한 의견을 자유롭게 제시할 수 있도록 하였다. 내용은 크게 두 가지로 나누어지는데, 첫 번째는 연구대상자에 대한 정보이다. 연구 대상자의 이름, 연락처, 성별, 전공, 연구기간 등에 대한 정보를 수집하였다. 두 번째는 블록체인에 대한 전문가로서의 견해를 자유롭게 표현할 수 있는 개방형 질문이다. 블록체인의 특성과 장점, 의료분야의 활용가능 방안, 국내외 적용사례, 제한점과 예상하는 미래의 모습 등을 자유롭게 서술할 수 있도록 질문을 분류해서 진행하였다.

2차 설문지는 1차 설문지의 답변 내용을 바탕으로 항목별 구조화시켜 답이나 점수를 도출할 수 있도록 생성하여 제시하였다. 전문가가 생각하는 블록체인의 가장 큰 특징이나 장점, 의료분야에서 가장 활용도가 높을 것으로 보이는 적용분야, 의료분야에서 블록체인과 융합되면 효율적일 것 같은 기술, 의료정보의 소유권자, 블록체인 적용으로 인한 수익자, 의료 블록체인 프로젝트 주제, 상충되는 가치의 비중, 의료분야 적용 시 제약사항이나 문제점, 실제 의료분야에 적용 가능한 케이스별 견해 등 1차 설문지의 응답내용을 바탕으로 객관식 질문과 점수식 질문을 통해 측정 가능한 결과를 도출하였다. 다만, 구체화할 사항이 있는 경우 이메일이나 전화, 대면 인터뷰 등을 추가로 진행하였다.

3.3 연구대상자 특성

델파이 기법 연구에 필요한 전문가의 수는 명확히 규정되어 있지 않고 참고 문헌에 따라 상이하지만 10명 이상이면 유용한 결과를 얻을 수 있다고 하였다 (Erio Ziglio et al, 1996). 본 연구에서는 최소 20명 이상의 연구대상자를 모집할 계획으로 시작하였으며 1차 설문을 완료한 연구대상자는 총 41명이었고 최종적으로 2차 설문까지 완료한 연구대상자는 총 38명이었다. 설문기간은 IRB 승인이 완료된 3월 8일부터 3월 26일까지 총 19일간이다.

연구대상자는 의료 블록체인 세미나, 컨퍼런스, 학술대회, 교육 과정 등에서 강연했거나 강의를 진행했던 의료, IT, 법 전문가 중에서 선별하고, 블록체인을 특정분야에 접목하여 적용한 이력이 있는 전문가, 특히 의료분야에서 블록체인을 적용한 적이 있는 사업가나 개발자를 중심으로 모집하였다. 또한, 국내 유명 대학의 관련 학과 교수 중 블록체인 관련 연구 실적이 있거나 의료 블록체인 관련 논문이나 학술지, 단행본의 저자 중에서 선별하여 연구대상자로 참여를 요청하였다. 그리고 공공기관에서 블록체인 관련 연구 및 정책을 담당하고 있는 전문가를 선별하여 참여를 요청하였고 전문가가 직접 추천하는 전문

가도 연구대상자에 포함하였다.

연구대상자는 총 38명으로 남자 35명(92.11%), 여자 3명(7.89%)으로 구성되었다. 복수응답을 허용하여 조사한 연구대상자의 전공은 IT 20명(52.63%), 기타 9명(23.68%), 의료 8명(21.05%), 정보/데이터 6명(15.79%), 법 4명(10.53%) 순으로 나타났다. 기타 답변에는 기술경영, 도시공학, 도시경제, 화학공학, 정책, 금융, 행정 등이 있었다. 블록체인의 특성상 IT를 전공하거나 따로 공부하지 않으면 알기 어려운 분야라는 특수성을 고려해서 복수전공을 선택한 경우 IT를 제외한 다른 전공으로 재분류하고, IT가 아닌 다른 복수전공은 석사나 박사 전공이 아닌 학사전공을 위주로 하여 연구대상자별 일대일 전공으로 재분류하였다. 그 결과 IT 13명(34.21%), 의료 8명(21.05%), 경영/정책 7명(18.42%), 법 4명(10.53%), 정보/데이터 4명(10.53%), 기타 2명(5.26%) 순으로 나타났다.

복수응답을 허용하여 조사한 연구대상자의 직업은 교수 14명(36.84%), 연구원/공무원 9명(23.68%), 개발자 7명(18.42%), 사업가 7명(18.42%), 의료인 5명(13.16%), 기타 3명(7.89%), 법조인 1명(2.63%) 순으로 조사되었다. 기타 답변에는 기획자, 분석가 등이 있었다. 전문가를 대상으로 한 텔파이 기법의 특성상 교수는 겸하고 있는 전문가가 많아 복수응답을 한 경우 교수 이외의 직업으로 재분류하고, 그 외에는 주가 되는 직업을 위주로 연구대상자별 일대일 직업으로 재분류하였다. 그 결과 연구원/공무원 9명(23.68%), 교수 8명(21.05%), 개발자 6명(15.79%), 사업가 6명(15.79%), 의료인 5명(13.16%), 기타 4명(10.53%) 순으로 나타났다.

블록체인에 관심을 가졌거나 해당 분야와 관련된 업무를 하게 된지 얼마나 됐는지 설문 결과 1년~2년 미만이 16명(42.11%)으로 가장 높게 나타났고, 2년~5년 미만이 14명(36.84%), 1년 미만이 5명(13.16%), 5년~10년 미만은 3명(7.89%)로 나타났으며 10년 이상이라고 응답한 연구대상자는 없었다.

II. 블록체인 기술 발전과정과 원리

1. 블록체인 기술 발전과정

블록체인(Blockchain)은 블록(Block)과 체인(Chain)의 합성어로 데이터가 저장되어 있는 형태가 블록을 체인으로 연결한 모습과 비슷하다하여 명명되었다. 과학기술정보통신부(2018)는 블록체인을 ‘일정 주기로 데이터가 담긴 블록을 생성한 후 이전 블록에 체인처럼 연결하는 기술’이라고 정의했다. 글로벌 컨설팅 회사인 Frost & Sullivan은 블록체인에 대해 ‘자산이나 데이터를 신뢰 가능한 디지털 분산 장부로 생성할 수 있는 새로운 데이터 구조’라고 정의하였으며, ‘작성 시간이 기록된 사람과 사람 간(Peer to Peer, P2P) 불변의 디지털 이력’이라고 표현하였다. 또한 ‘오직 참여자들 간 합의에 의해서만 새로운 기록이 추가될 수 있으며 한번 기록된 이력은 삭제가 거의 불가능’하다고 하였다.

블록체인은 분산처리와 암호화 기술을 적용하여 높은 보안성을 확보하면서 동시에 신속성과 투명성을 특징으로 한다. 보안성의 강화로 해커의 공격과 데이터의 위·변조, 그리고 기존 중앙 집중 서버 방식에서 가장 큰 문제인 공격자에 의해서 서버가 다운되는 디도스(Distributed Denial of Services, DDos) 공격을 원천적으로 방어할 수 있다. 또한 중개자가 없이도 신뢰할 수 있는 거래를 할 수 있어 비용을 획기적으로 절약할 수 있으며 위·변조가 불가능한 무결성의 성질이 있어 공공·민간 영역에서 다양하게 적용할 수 있다(김현수, 권혁준, 2018).

비트코인은 암호화폐(Cryptocurrency)로 2008년 사토시 나카모토(Satoshi Nakamoto)라는 가명의 사람이 발표한 논문 <비트코인: P2P 전자화폐 시스템(Bitcoin : A Peer-to-Peer Electronic Cash System)>에서 처음 언급되었다. 최초의 블록인 제네시스 블록(Genesis Block)은 2009년 구축되었고 그에 따라

비트코인의 모습이 세상에 드러나게 되었다. 그러나 비트코인은 사토시 나카모토라는 정체불명의 인물 한 명에 의해서 갑자기 탄생한 발명품은 아니었다.

< 표 1 > 블록체인 기술의 발전과정

연도	발전과정
1977년	암호를 설정할 때 사용하는 ‘암호화 공개키’와 그 암호화 정보를 해독할 때 사용하는 ‘복호화 개인키’를 이용한 비대칭 키 암호화기술인 “RSA 기술”이 최초로 등장
1979년	컴퓨터 과학자 랄프 머클(Ralph C. Merkle)은 대량의 데이터를 효과적이고 안전하게 저장하고 검증하는 메커니즘인 “머클 트리(Merkle tree)”를 발명했고 후에 비트코인에 저장된 전체 거래내역의 무결성을 검증할 수 있는 기술로 활용되게 됨
1997년	암호전문가 애덤 백(Adam Back)은 스팸메일 억제 수단인 “해시캐시(Hash Cash)”를 고안했고 이 기술은 추후에 비트코인의 작업증명(Proof of Work, PoW) 방식에 활용되게 됨
1998년	암호전문가 웨이 다이(Wei Dai)가 분산원장 기술에 기초해 최초의 전자화폐인 “비-머니(B-money)”를 창시함. 개인과 개인의 계약에 의한 전자화폐인 비-머니의 생성은 작업증명을 기반으로 하는 해시 캐시에 의해 이루어지는 방식이었고, 훗날 사토시는 이 방식을 참고하여 비트코인을 발명하게 됨.
1998년	전자화폐 연구의 권위자이며 인터넷 전자 상거래 프로토콜 개발에 주력했던 닉 사보(Nick Szabo)는 ‘타임스탬프’, ‘전자서명’, ‘공개키’ 등 위조가 불가능한 블록체인 구조의 전자화폐 “비트골드(Bit Gold)”를 개발하였으나 외부 공격에 취약하다는 단점이 있었음.
2008년	사토시 나카모토(Satoshi Nakamoto)라는 가명의 사람이 그동안 해결하지 못했던 이중지불 문제의 해법을 포함한 암호화폐인 “비트코인(Bitcoin)”을 개발하여 발표함.
2014년	비탈릭 부테린(Vitalik Buterin)이 다양한 애플리케이션을 지원하는 새로운 종류의 블록체인인 “이더리움(Ethereum)”을 창시함.

출처 : 로랑 블루(2018) 자료를 토대로 재구성

2008년 사토시의 비트코인 논문이 발표되었을 당시 다른 기술에 비해 유독 주목받았던 것은 그동안 암호전문가들이 해결하지 못했던 이중지불 문제 즉, ‘비잔틴 장군들의 문제’에 대한 해법을 제시했기 때문이었다. ‘비잔틴 장군들의 문제’는 조직 내 정보전달의 신뢰성과 조직원의 청렴성의 문제를 비유한 것으로 틀리거나 잘못된 정보로 인해 발생하는 장애를 의미한다. 비잔틴제국의 부대가 적군의 도시 주위에 각각 떨어져서 진을 치고 있고 각 부대의 장군들은 전달병을 통해서만 교신을 할 수 있다. 모든 부대가 같은 시각에 동시에 공격해야만 적을 물리칠 수 있는데 그 중에 배신자가 있다면 과연 어떻게 해야 이 배신자의 계략에 넘어가지 않고 정확한 공격 계획을 모두 공유할 수 있을지에 대한 문제이다. 시스템 구성 요소 중 하나에 결함이 발생하더라도 전체 시스템이 멈추지 않고 계속 정상적으로 작동하게 해야 하는 것이다.

이중지불 문제는 이미 사용된 화폐를 불법으로 복제하여 반복 사용 하는 것을 의미한다. 비트코인 이전의 암호화폐는 이중지불 문제를 방지하고 검증하기 위해 중앙관리기관인 회사나 은행을 필요로 했다. 그러나 비트코인은 그러한 신뢰할 수 있는 제3자(Trusted Third Party, TTP)인 중앙관리기관이 필요 없으며 대신 이중지불 문제를 방지하기 위해 참여자들 스스로가 검증작업에 참여하도록 한다. 참여자들은 거래의 세부내용과 구성요소를 확인하고 한 번도 사용한 적 없는 코인(Unspent Transaction Output, UTXO)으로 거래하는 것인지를 확인한다. 그렇게 검증한 참여자들이 늘어나고 이 거래내역이 블록에 기록되어 이후에 발생한 거래들과 서로 연결되어 쌓이게 되면 과거의 거래내역을 변경하거나 수정하기가 대단히 어려워진다. 최근 거래 내역을 이전 거래 내역에 이어서 연결하게 되는데 이때 최근 거래내역은 이전 거래에 대한 정보인 ‘해시(Hash) 암호’를 포함하고 있어 한번 연결된 블록의 거래내역은 수정이 불가능하다. 이렇게 블록과 블록이 체인으로 연결된 형태를 띠다고 해서 이 기술을 블록체인이라고 부르게 되었다.

이런 거래내역들은 한 군데에만 저장되는 것이 아니라 모든 참여자들에게 똑같이 분산되어 저장된다. 그래서 블록체인 기술을 분산원장 기술(Distributed

Ledger Technology, DLT)이라고 부른다. 또한 분산저장된 거래 내역은 투명하게 관리되고 누구든지 확인할 수 있어 비트코인은 처음으로 공개성과 보안성이 동시에 확보된 거래 장부라고 할 수 있다.

사토시가 비트코인의 개념을 처음 제안했을 당시만 해도 블록체인은 단순히 제3의 신뢰기관을 필요로 하지 않는 탈중앙화 거래방식, 즉 분산원장을 의미했다. 그래서 블록체인은 암호화폐를 위한 기술로서 금융의 영역에서만 활용될 것이라 예상했었다. 그러나 블록체인 기술은 빠르게 진화했고 블록체인 2.0으로 대표되는 이더리움(Ethereum)이 공개되면서 경제금융의 한정된 범위에서 벗어나 하나의 플랫폼으로서 전 산업으로 확장될 수 있는 발판을 마련하게 되었다(김경훈, 2018).

이더리움은 러시아 태생의 캐나다인 비탈릭 부테린(Vitalik Buterin)이 2014년에 창안했다. 부테린은 비트코인의 기반 기술인 블록체인이 단순히 송금하는 용도를 넘어 다양한 기능을 수행할 수 있을 것이라 믿었지만 비트코인의 개발자인 사토시의 생각은 달랐다. 그래서 부테린은 다양한 애플리케이션(Application)을 지원하는 새로운 종류의 블록체인을 고안하기로 결심했고 그 결과가 이더리움이었다. 이더리움은 비트코인의 결제 네트워크를 갖춘 동시에 분산화된 P2P 네트워크 안에서 다양하게 실행되는 분산 애플리케이션(Decentralized Application, DApp)을 구동할 수 있는 플랫폼이다(김열매, 2018).

2. 블록체인의 개념과 원리

블록체인은 탈중앙화, 탈중개화를 목표로 제3의 신뢰기관 없이도 더 단단한 신뢰성을 담보할 수 있는 시스템의 구현이 가능함을 증명하는 기술이다. 블록체인의 탄생 배경에는 2008년 9월 파산한 미국 최대 투자은행 리먼 브라더스와 그로 인한 금융 위기가 있었다(과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원, 2018). 블록체인을 기반으로 하는 프로토콜은 이론상으로는 중앙기관에 대

한 불신에서 비롯되었다. 신뢰가 기술을 토대로 성립되고 기술은 신뢰를 창출한다.

블록체인의 특성은 보안성, 신뢰성, 다양성, 신속성, 경제성을 들 수 있다. 블록체인의 보안성은 공유 및 탈중앙화로 해킹이 대단히 어려워 거의 불가능에 가까운 성질을 말하며 데이터가 여러 참여자의 컴퓨터에 분산 저장되므로 어느 하나의 컴퓨터에 문제가 생기더라도 전체 시스템은 안전하게 정상적으로 유지된다. 블록체인의 신뢰성은 데이터가 투명하게 처리되어 위·변조가 불가능한 것을 의미한다. 또한 블록체인은 기반기술로써 어떻게 적용하느냐에 따라 다양하게 활용될 수 있으며 누구나 사용하여 개발할 수 있도록 오픈소스로 공개하고 있어 접근성이 높다. 따라서 블록체인 개발을 원하는 사람이라면 누구나 쉽게 이를 활용하여 시스템을 구축하거나 확장할 수 있다. 블록체인은 또한 신속성의 특성이 있는데 참여 주체가 많을수록, 조직 구성이 복잡해서 정보를 처리하는데 시간이 많이 걸리는 업무일수록 시간과 노력을 단축시킬 수 있다. 이는 블록체인 기술을 이용하면 각 주체가 정보를 검증하는데 소요되는 시간을 확연하게 줄일 수 있고 보증해 줄 중개인이 필요 없기 때문이다(과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원, 2018). 탈중앙화라는 특징을 가진 블록체인은 시스템 구축 및 유지보수 비용을 절감할 수 있다는 경제성도 있다(박정국, 김인재, 2017; 오서영, 이창훈, 2017). 분산원장 기술을 적용 시 자본시장 기준으로 16%의 비용과 청산 및 결제의 시간을 절약할 수 있다는 연구보고가 있다(한국은행 금융결제국, 2016).

블록체인은 퍼블릭(Public) 블록체인과 프라이빗(Private) 블록체인, 그리고 컨소시엄(Consortium) 블록체인으로 나뉜다. 무허가형 블록체인인 퍼블릭 블록체인은 누구나 참여해서 읽고 쓸 수 있으며 거래를 승인하고 합의에 참여할 수 있다. 거래를 검증하거나 참여자들 간의 합의를 도출하는 등의 블록체인을 유지하기 위한 행위에 참여하는 이들에게 경제적인 인센티브를 제공한다. 여기에 해당하는 것이 비트코인, 이더리움 등의 암호화폐다. 합의, 작업증명, 채

굴을 통해 정보를 보안하며 허위거래나 등록된 거래내역의 위·변조는 불가능하다. 각 참여자의 컴퓨터에 거래 내역의 복사본이 저장된다. 별도의 운영규칙이 없고 코드가 곧 법이다.

< 표 2 > 블록체인의 유형 별 특징

구분	퍼블릭	프라이빗	컨소시엄
데이터 접근	누구나 접근 가능 (무허가형)	허가받은 사용자만 접근 가능 (허가형)	허가받은 사용자만 접근 가능 (허가형)
관리자	모든 거래 참여자	중앙 기관이 모든 권한 보유	컨소시엄에 소속된 참여자
거버넌스	한번 정해진 법칙을 바꾸기 매우 어려움	중앙 기관의 의사결정에 따라 용이하게 법칙을 바꿀 수 있음	컨소시엄 참여자들의 합의에 따라 법칙을 바꿀 수 있음
거래속도	네트워크 확장이 어렵고 거래 속도가 느림	네트워크 확장이 쉽고 거래 속도가 빠름	네트워크 확장이 쉽고 거래 속도가 빠름
식별성	익명성	식별 가능	식별 가능
거래증명	알고리즘에 따라 거래 증명자가 결정되며 거래 증명자가 누구인지 알 수 없음	중앙 기관에 의해 거래 증명이 이루어짐	거래 증명자가 누군지 알 수 있으며 사전에 합의된 규칙에 따라 거래 검증 및 블록생성이 이루어짐
암호화폐의 활용	필수	필수아님	필수아님
활용사례	비트코인	링크(Linq)	R3CEV, Hyperledger

출처 : 김신정 외(2017), 김열매(2018) 자료를 토대로 재구성

허가형 블록체인인 프라이빗 블록체인과 컨소시엄 블록체인은 미리 정해진 참여자들만이 접속해 정해진 권한을 행사할 수 있다. 참여자 자격을 제한함으로써 기존의 참여자가 신규 참여자의 가입 및 자격을 심사한다. 시스템을 통제하는 중앙기관이 거버넌스를 집행하고 자체 규정에 의거해 참여자 자격 제한, 정보 보안, 거래 승인 등의 운영 기준을 마련한다. 허가형 블록체인은 정보의 외부유출을 원치 않고 처리 속도를 중요시하며 고도의 보안을 필요로 하는 곳에서 도입하려고 시도하고 있다(박정홍, 2018; 로랑 틀루, 2018; 과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원, 2018).

일부에서는 블록체인 기술을 제2의 인터넷이라 부르며 이로 인한 파급효과가 사회, 경제 전반에 나타날 것이라고 예상한다. 정보 기술 혁명의 단계는 1944년 컴퓨터의 탄생을 시작으로 1974년 퍼스널 컴퓨터(PC), 1984년 애플 매킨토시 컴퓨터, 1994년 인터넷, 2004년 소셜 네트워크 순으로 이어졌으며, 2014년 블록체인이 세상에 알려지기 시작하면서 현재 단계에 진입했다. 진정한 혁명은 단순한 과학기술의 산물이 아니고 다른 것과 차별화되는 두 가지 특징을 가지고 있어야 한다. 첫째는 혁신 기술과 현존하는 여러 시스템 간의 강력한 상호연결성과 상호의존성이며, 둘째는 사회 전반을 근본적으로 변혁시키는 능력이다(로랑 틀루, 2018).

1990년대 인터넷이 출현할 무렵 전문가들은 사회, 경제, 기술 전반에 대대적이고 급격한 변화가 다가올 것이라 예견했다. 그 후 인터넷은 수많은 비즈니스 모델과 경제, 사회 분야에 커다란 변화를 초래했고 대부분의 기업은 인터넷에 적응해갔다. 현재 우리 사회는 사회 전반에서 블록체인의 영향력에 대해 인지해나가고 있는 상태이다. 블록체인의 핵심은 기존 비즈니스 모델을 파괴시키는 것이 아니라 변화, 개선시키는 혁신성에 있다. 따라서 블록체인은 그 자체로 혁명이라기 보단 혁명을 가져다 줄 도구로 봐야 한다. 인터넷이 지금의 모습까지 오는데 20년이 걸렸다면, 블록체인으로 인한 변화가 확산되는 데

는 5~10년 정도가 소요될 것으로 예상된다(로랑 를루, 2018; 한현욱, 2018; 김용태, 2018).

인터넷을 통해 사람들은 언제 어디서나 정보에 접속할 수 있고 자신의 의견을 자유롭게 표현할 수 있게 된 것처럼 보인다. 그러나 중앙 서버 관리 조직은 기록된 내용을 검열하고 언제든지 임의로 삭제할 수 있다. 특정 포털 사이트의 경우에 정치권과 결탁하여 글이나 댓글을 누군가 검열하고 삭제하고 있다는 의혹을 받고 있는 것도 이 때문이다. 하지만 블록체인은 한번 기록이 저장되고 나면 임의로 수정하거나 삭제할 수 없다. 2018년에는 중국 북경대에서 벌어진 교수의 성폭행 사건을 조용히 덮고 넘어가려는 학교 측에 반발하며 학생들이 이더리움 블록체인에 관련 내용을 기록한 사건이 있었다. 인터넷을 차단하거나 이더리움 블록체인 관련 사이트를 차단할 수는 있겠지만 블록체인에 한번 올라간 기록을 삭제하는 것은 거의 불가능하다. 이는 검열저항성이라는 블록체인의 강점을 보여준 사건이라고 할 수 있다(김열매, 2018).

일부에서는 진실이라고 검증되지 않은 글이 영원히 삭제되지 않는 곳에 기록되는 것에 대해서 우려의 목소리를 내기도 한다. 그렇다고 하더라도 통제나 검열에서 벗어나 자유롭게 의사를 표현하고 기록에 남길 수 있는 통로가 생겼다는 점에 의의가 있다.

블록체인 기술을 활용한 암호화폐인 비트코인은 다음의 순서로 거래가 진행된다. 먼저 A가 B에게 비트코인을 송금하겠다는 의사를 표현한다. A의 송금 의사가 담긴 블록이 생성된다. 이 블록은 네트워크의 구성원에게 각각 전송된다. 구성원들은 그 거래가 정당한지 유효성을 검증한다. 구성원 과반수의 검증이 끝나고 나면 기존의 블록에 A의 송금 의사가 기록된 새로운 블록이 체인으로 연결된다. A의 송금 의사가 기록된 블록의 복사본은 구성원 전체에 배포되어 분산 저장된다. A가 B에게 비트코인을 송금하고 거래가 완료된다. 이렇게 블록에 기록되고 체인으로 연결되어 ‘블록체인’이 된 거래 내역은 구성원 누구나 확인할 수 있고 수정이나 삭제가 불가능하다. 이를 해킹하거나 수정하

려면 구성원 과반수이상의 거래 내역을 동시에 수정해야하기 때문에 사실상 불가능하다고 보는 것이다(김현수, 권혁준, 2018).

이런 신뢰할 수 있는 거래가 가능한 데에는 여러 가지 숨겨진 비트코인의 원리가 있다.

2.1 해시함수를 통한 암호화(SHA-256)

해시(Hash)는 어떤 길이의 데이터든 고정된 길이의 데이터로 변환하는 것을 의미한다. 데이터를 해시하면 원본을 알아볼 수 없는 특수한 문자열로 변환되는데 그 문자열로는 다시 원본 데이터를 복원할 수 없다는 특징을 가지고 있어 정보 보안 및 원본 대조용으로 이용된다.

비트코인에서 쓰이는 해시 함수는 'SHA-256'이다. SHA(Secure Hash Algorithm) 함수는 1993년 미국 국가안보국(National Security Agency, NSA)에서 처음 설계했으며 점차 발전되어 왔다. 'SHA-256'은 입력하는 데이터의 양과 상관없이 항상 256비트 크기로 64자리의 16진법 문자열을 산출하도록 알고리즘 되어있다. 이 알고리즘에 의하면 특정 해시 값의 입력 값을 찾을 수 있는 경우의 수는 2^{256} 개이며 10진법으로 표시하면 10^{77} 개 정도이다. 또한 서로 다른 데이터를 해시함수로 변환할 때 아주 드물지만 동일한 해시 값이 나오는 경우도 있고 미세한 입력 값의 차이로도 해시 값은 전혀 다르게 도출되기 때문에 한쪽 방향으로만 쉽게 진행되지만 역 방향으로만 계산이 굉장히 어려워 원 데이터 추측이 불가능하다. 풀기 굉장히 어려운 조건을 제시하게 되면 학생은 답을 힘들게 찾아내서 제출해야 하지만 선생님의 입장에서는 제출한 답을 조건에 직접 대입해보면 답이 맞았는지 틀렸는지를 바로 알 수 있게 되는 것과 유사하다. 해시는 이렇게 한 방향으로만 아주 쉽게 계산할 수 있지만 역방향으로는 최신의 가장 빠른 슈퍼컴퓨터로도 계산에 몇 십 년이 걸리도록 전문가가 설계한 수식이다(김석원, 2017; 김열매, 2018).

< 표 3 > 입력 값에 따른 SHA-256 해시 값의 예시

입력 값	해시 값
안녕	e8f817f346d1d411cc59d5bdda64fab3763890e1f0f8f4c15805cf78874d68bf
안녕하세요	2c68318e352971113645cbc72861e1ec23f48d5baa5f9b405fed9dddca893eb4
안녕하세요.	8b118d6741f7cfa1a7ee246d0dda39f2f00bf9fd207b4e6c7fad87a15434a513
안녕하세요. 반갑습니다.	cde2a371b003b73c554fa6a3b9ec9e4faa90cf3c6ed8c942e22e636a68ebcc52
날씨가 참 좋네요~	8c942e22e636a68ebcc52
보건의료분야 블록체인 기술 활용 방안	7f92b54577d96fcc5b5754af6caa76476697c4b56217806781af3e6fca43bc80

출처 : <https://www.whatsmyip.org/hash-generator/>

실제 많은 사이트에서 직접 해시 값으로 변환시켜 볼 수 있는데 “안녕하세요”를 넣고 SHA-256으로 해시를 하게 되면 “2c68318e352971113645cbc72861e1ec23f48d5baa5f9b405fed9dddca893eb4”의 값을 도출한다. 그렇다면 아주 미세하게 마침표를 하나 더 찍은 “안녕하세요.”를 해시해보면 “8b118d6741f7cfa1a7ee246d0dda39f2f00bf9fd207b4e6c7fad87a15434a513”으로 전혀 다른 값을 도출한다. 어떤 길이의 값을 넣어도 해시를 거치면 언제나 동일한 길이의 데이터로 출력된다. “안녕하세요. 반갑습니다. 날씨가 참 좋네요~”를 해시해보면 “cde2a371b003b73c554fa6a3b9ec9e4faa90cf3c6ed8c942e22e636a68ebcc52”로 해시 값을 도출한다. 입력 값이 해시 값으로 변환되는 것에 규칙이 없기 때문에 해시 값을 가지고 원본을 추측할 수 없다.

해시는 암호화하는 것 이외에도 자료가 원본과 동일하다는 것을 증명하기 위해 활용되는데 아파치 오픈 오피스(Apache Open Office) 다운로드 사이트에 들어가면 정품파일인지 확인할 수 있는 여러 종류의 해시 값을 제공한다.

< 그림 1 > Apache Open Office 사이트 정품인증 해시



출처 : Apache Open Office 사이트(<http://www.openoffice.org/download/index.html>)

다른 곳에서 다운로드한 파일을 해시해서 홈페이지에서 제시하는 해시 값과 동일한지 비교해보는 것이다. 동일하면 정품 파일이 맞다는 의미이고 동일하지 않다면 회사에서 제공한 정품파일이 아닌 것이다. 비트코인은 SHA-256을 활용하고 있지만 이미 그보다 더 암호력이 높은 SHA-512도 고안되어 있으며 이 홈페이지에서는 그 기능도 활용할 수 있게 되어 있다. SHA-256을 누르면 숫자와 알파벳으로 구성된 64글자를 확인할 수 있고 SHA-512를 누르면 숫자와 알파벳으로 구성된 128글자를 확인할 수 있다. 현재 컴퓨터 기술로는 SHA-256을 해킹하는 것조차 불가능하기 때문에 비트코인은 SHA-256을 사용하고 있다.

또한 비트코인은 최근 블록의 해시 값이 이전 블록의 해시 값을 포함하는 구조로 되어있어 과거 거래내역과 최근 거래내역이 서로 연결되어 있다. 따라서 과거기록을 위·변조 하게 되면 바로 알아챌 수 있게 된다.

이런 해시의 특성을 잘 이용하면 의료정보의 진위성과 무결성 검증에도 충분히 간편하게 활용이 가능하다. 컴퓨터는 어떤 형태의 파일이든지 동일한 이진수의 형태로 값을 가지고 있기 때문에 모두 해시 값을 생성해낼 수 있다. 즉, 단순히 텍스트 형태의 기록뿐만 아니라 사진이나 영상 등 모든 형태의 데이터를 해시할 수 있어 다양하게 활용이 가능하다.

2.2 채굴(Mining)

비트코인에 신규 거래를 추가하고 신규 비트코인을 발행하려면 채굴(Mining)이라는 합의절차를 거쳐야 한다. 채굴은 거래 내역을 담은 신규 블록을 생성하는 작업이다. 특정한 난이도의 연산문제를 가장 빨리 푸는 한 사람이 채굴 보상으로 비트코인을 가져가게 되고 각 거래에 제시된 수수료를 받게 되는 절차이다.

여기서 말하는 연산문제는 손으로 풀 수 있는 수학문제가 아니라 논스(Nonce)라 불리는 임의의 수를 무작위로 대입해서 주어진 조건에 충족하는 숫자를 가장 먼저 찾아내는 사람이 이기는 게임 같은 것이다(김열매, 2018).

그리고 채굴의 난이도는 10분에 1명씩 문제를 풀 수 있는, 즉 2016개의 블록이 채굴되는데 14일이 걸리는 정도의 난이도 수준으로 2016개의 블록이 쌓일 때마다 자동 조절된다. 예를 들어 어려운 함수에서 Y의 값을 충족시키는 X의 값을 찾아내기란 너무 어렵다. 그래서 X에 숫자를 하나씩 대입해봐서 언젠가 Y의 값에 충족하는 숫자 X를 찾아내는 방법을 사용하는 것이다. 컴퓨팅 파워를 많이 투입할수록 답을 빨리 찾아낼 가능성이 높아진다. 근데 그 Y의 값을 숫자 하나가 아니라 범위로 지정한다면 그 조건에 충족하는 X의 숫자는 많아지고 X를 찾아내는데 걸리는 시간도 줄어든다. Y가 100인 조건을 충족하는 X를 찾는 것보다 Y가 90에서 100사이인 조건을 충족하는 X를 찾는 것이 더 쉽다. 이게 바로 난이도 조절방법이고 여기서 대입하는 수인 X를 블록체인에서는 논스라고 부른다(김석원, 2017).

그러나 이 난이도는 현재 컴퓨터 계산 속도를 감안한 것이다. 과학기술이 발전하여 컴퓨터의 계산 속도가 빨라지면 지금 10년 걸리는 계산도 하루 만에 풀게 될 수도 있다. 물론 그만큼 암호화하는 기술도 발전할 것이다. 그러나 현재 설정해놓은 암호화가 언젠가는 풀릴 수 있다는 사실을 이 기술을 활용하는 입장에서는 염두에 둘 필요가 있다.

처음 비트코인의 채굴이 시작될 당시에는 채굴자들이 많지 않아 난이도가 낮았으므로 일반 컴퓨터로도 충분히 채굴이 가능했으나 점차 돈이 된다는 것을 알고 몰려든 채굴자로 인해 난이도가 급격히 상승하여 지금은 전문 채굴기를 이용하지 않으면 채굴이 불가능하다.

거래를 블록에 등록하려면 참여자들의 합의가 있어야 하는데 이러한 채굴 방식을 작업증명(Proof of Work, PoW)방식이라고 한다. 여기서 참여자란 비트코인을 사고 파는 사용자가 아니라, 비트코인을 설치하여 전체 블록체인을 저장하고 블록전파, 거래 검증 등 비트코인 네트워크에 필요한 업무를 수행하는 컴퓨터를 말한다. 이 컴퓨터를 노드(Node)라고 한다. 노드는 검증뿐만 아니라 채굴작업을 통해 논스를 찾아 새 블록을 만들 수 있다. 블록에는 이전 블록의 해시 값, 현재 블록의 타임스탬프, 난이도, 논스 값, 그리고 현재 블록에 기록된 거래 내역을 모두 담은 해시 값이 기록된다.

거래의 검증을 위한 작업증명 과정은 한 사람이 여러 사람인 척 합의에 참여하지 않도록 하기 위해 일부러 시간과 노력을 들여 암호를 구하도록 만들어졌다. 이렇게 어려운 작업을 참여자가 스스로 참여할 수 있도록 하기 위한 유인책으로 가장 먼저 신규 블록을 생성한 사람에게 비트코인을 보상으로 주도록 고안한 것이다. 신규 블록을 생성할 때(채굴) 주어지는 비트코인 보상은 블록 2,100만 개까지로 제한되어 있으며 보상의 양 또한 점차 줄어들고 있다. 그 블록이 모두 채굴되고 난 뒤에는 신규 블록을 채굴하더라도 보상으로 비트코인이 주어지지 않는다. ‘블록체인 혁명’의 저자 돈 탭스콧은 비트코인 채굴보상이 종료되는 시점을 2140년으로 예상한 바 있다. 그 뒤에는 거래 수수료만 검증에 대한 보상으로 받을 수 있게 된다(로랑 블루, 2018; 김열매, 2018, 과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원, 2018).

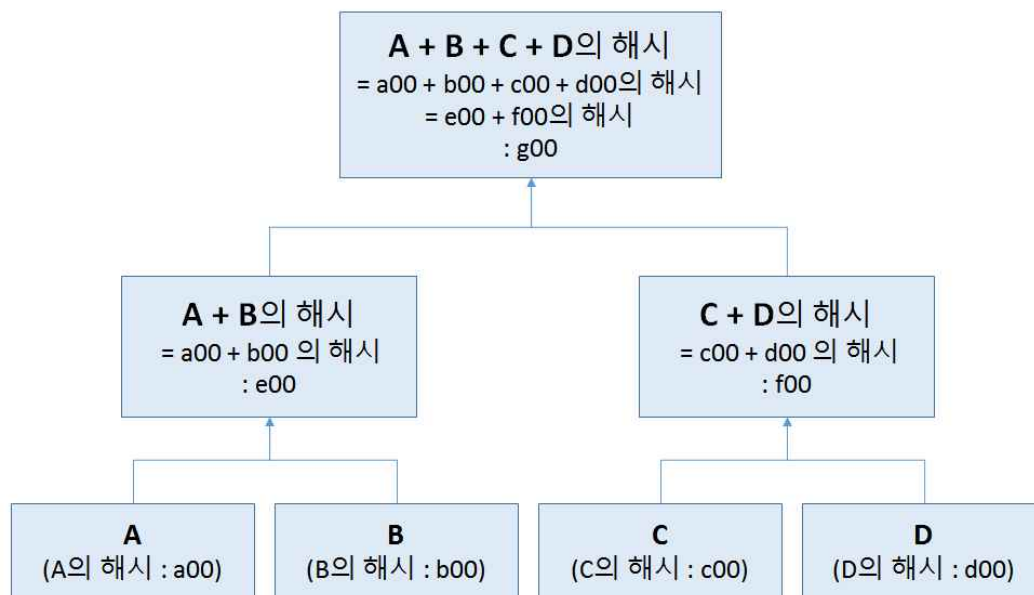
2.3 머클 트리(Merkle tree)

머클 트리는 거래 내역의 위·변조를 빠르고 효율적으로 조회할 수 있는 방법

으로 머클 루트(Merkle root)라고도 부른다. 이것이 가능한 것은 최근 블록의 해시 값이 이전 블록의 해시 값을 포함해서 도출한 값이기 때문이며 이 말은 즉, 과거의 기록이 변조되면 해당 블록의 해시 값이 달라지고 최근 블록의 해시 값 또한 그 영향으로 변동되기 때문에 값이 수정되었음을 금방 알아낼 수 있게 된다는 것이다.

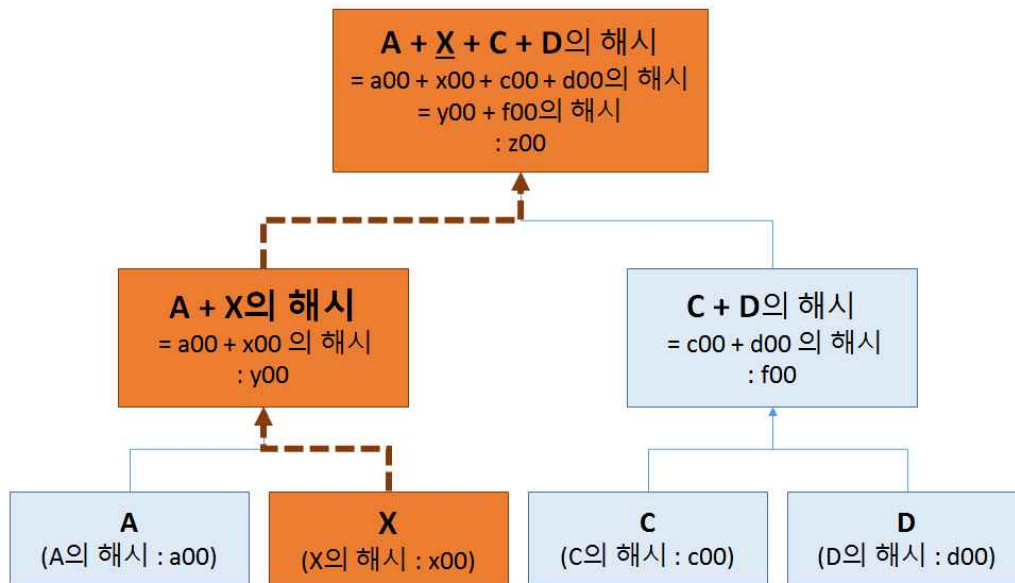
앞서 설명한대로 해시를 하게 되면 원 데이터의 길이에 상관없이 언제나 동일한 64자리의 값을(SHA-256 기준) 도출해낸다.

< 그림 2 > 머클 트리의 기본 구조



머클 트리는 다음과 같은 구조를 갖는다. 맨 상단에 있는 해시 값인 'g00'은 그 아래 줄기에 있는 모든 데이터의 해시 값을 해시한 값이다. 그러므로 하위 데이터의 구조와 내용을 포함하고 있어 원본 검증을 빠르고 편리하게 할 수 있다. 만약 데이터 중 아주 작은 부분이라도 변경되면 그 데이터의 해시 값은 전혀 다른 값으로 바뀌게 되며 결국 맨 상단에 있는 해시 값 또한 바뀌게 된다.

< 그림 3 > 머클 트리의 변형 구조



< 그림 3 >에서 X의 데이터 일부가 변경되면 X의 해시 값은 물론 최종 해시 값 또한 전혀 다른 값으로 바뀌게 되기 때문에 기록의 위·변조를 간편하고 정확하게 알아낼 수 있다.

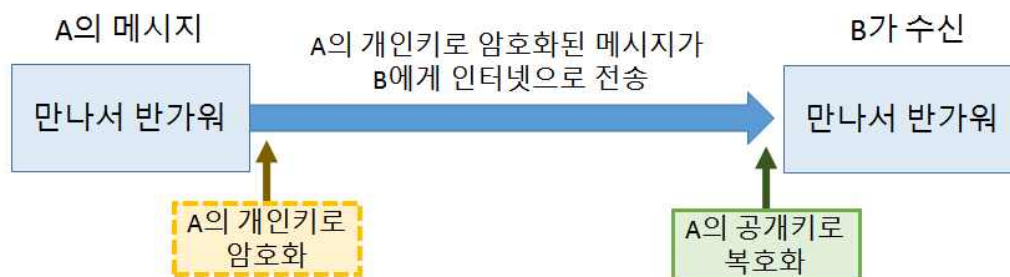
이러한 머클 트리의 구조를 고려해봤을 때 일부 공개하고 싶지 않은 데이터가 있을 경우 그 데이터만 제외하여 계산된 해시 값을 제공하고 데이터 또한 그렇게 제공함으로써 선택적으로 정보를 주고받으며 동시에 무결성을 검증할 수 있는 방법도 고려해볼 수 있다.

보건의료분야에 접목 시 일부 민감한 정보나 개인식별정보의 유출을 방지하면서 의료정보를 활용하기 위해 이런 머클 트리 구조의 특성을 이용할 수 있다.

2.4 비대칭 키 암호화

비대칭 키 암호 기술은 블록체인에서만 사용되는 것이 아니라 이미 현대 인터넷 보안의 핵심으로 널리 사용되고 있는 기술이다. 인터넷으로 은행 사이트에 접속해서 돈을 이체할 경우 계좌 비밀번호, 공인인증서를 이용하여 이체한다. 이와 마찬가지로 비트코인도 그런 열쇠가 존재하는데 그것이 개인키(Private key)와 공개키(Public key)이며 이 두 가지가 쌍으로 구성된다. 개인키로는 공개키를 알아낼 수 있으나 공개키로는 개인키를 알아낼 수 없다. A는 B에게 송금할 때 ‘거래 내역’과 ‘A의 개인키로 암호화한 디지털 서명’을 B에게 보낸다. B는 이 데이터를 A의 공개키로 복호화(암호화된 데이터를 복구하는 것)하고 거래내역을 확인한다. 거래 내역이 유효한 것으로 확인되면 B는 자신의 공개키를 맨 뒤에 붙인다. 이러한 공개키 내역을 통해 이 비트코인의 소유자가 어떻게 변경되어 왔는지를 확인할 수 있다. 즉, 데이터를 암호화할 때 쓰는 키와 그 암호화된 데이터를 복호화 할 때 쓰는 키는 서로 다르다. 잠글 때 쓰는 키는 열 때는 쓸 수 없고 다른 키를 써야만 열리는 것이다. 이것이 비대칭 키 암호화이다(김석원, 2017; 김열매, 2018).

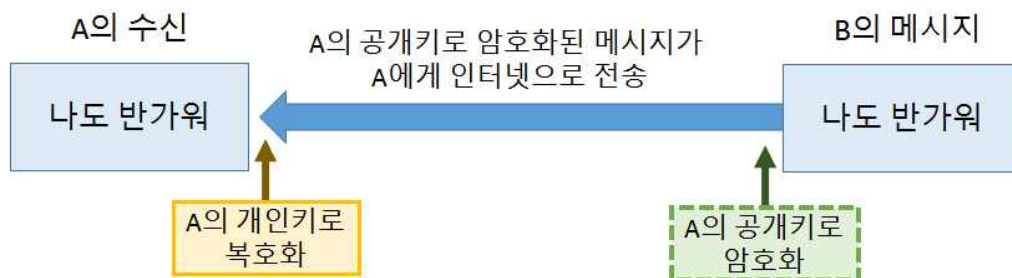
< 그림 4 > 비대칭 키를 이용해 메시지 보내기



A는 작성한 메시지를 보낼 때 A의 개인키로 암호화를 한다. 암호화된 메시지는 B에게 전달되고 B는 암호화된 메시지를 수신한다. B는 그 메시지를 A의 공개키로 복호화해서 내용을 확인하게 된다. 이러한 방법은 메시지를 작성한 사람이 A라는 것을 증명하는 방법으로 활용된다. 애초에 A의 개인키를 아는 사람은 A밖에 없기 때문에 이 메시지를 작성한 사람이 A라는 걸 입증할

수 있게 되는 것이다. 이런 원리를 이용한 것이 디지털 서명이며 이를 활용하여 중요한 계약이나 거래내역 등을 작성해서 남기고 누구나 A의 공개키를 통해 계약내용이나 거래내역을 확인할 수 있게 된다.

< 그림 5 > 비대칭 키를 이용해 비밀 메시지 수신하기



B는 A에게 A만 볼 수 있는 비밀 메시지를 보낼 수 있다. 이 경우 B는 A의 공개키로 메시지를 암호화해서 A에게 보낸다. A의 공개키로 암호화된 메시지는 A에게 전송되고 A는 개인키로 복호화해서 메시지 내용을 확인한다. 이 방법은 B의 메시지를 다른 사람들은 확인할 수 없고 오직 A만 확인할 수 있다는 것이 특징으로 다른 사람들이 보면 안 되는 내용일 경우 활용할 수 있다. 만약 중간에서 누군가 B의 메시지를 가로챌라고 하더라도 그 사람은 A의 개인키를 몰라 복호화 할 수 없으므로 내용을 파악할 수 없다(김석원, 2017).

2.5 비가역적 타임스탬프

1991년 스튜어트 하버(Stuart Harber)와 W.스콧 스토르네타(W.Scott Stornetta)는 시간 순서에 따라 타임스탬프를 연결하여 전자 문서가 생성되거나 수정된 시간을 위조하지 못하도록 하는 기술을 개발했다(과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원, 2018). 어떤 문서의 작성시간만 저장된다면 어떻게든 해당 시간을 수정하거나 삭제하는 것이 가능하겠지만 블록체인에서 적용하고 있는 타임스탬프는 발생한 이벤트(기록)간 전후 시간관계를 상대적으로 파악하

도록 고안되어있기 때문에 이미 기록된 과거의 시간을 차후에 변경하는 것이 불가능하다.

여기서 설명한 비트코인의 적용 원리들은 비트코인에서 처음으로 고안된 것이 아니다. 각각의 요소들은 오래 전부터 존재했고 발전해왔던 기술이다. 비트코인이 혁신이 된 것은 이미 존재하고 있는 요소기술들을 잘 융합하여 새로운 방식의 소통을 할 수 있도록 구조화했다는 점에 있다(김열매, 2018).

2.6 스마트계약

이더리움은 비트코인과 다르게 스마트계약(Smart Contract)이 가능하다. 스마트계약이란 어떤 조건을 충족하면 그다음 절차가 자동으로 수행되도록 미리 약속을 정해놓은 알고리즘이다. 검열이나 사기, 제3자의 개입 가능성을 배제하고 프로그래밍에 의해서만 작동하는 애플리케이션으로 거래중개자 없이 당사자들끼리(Peer to Peer, P2P) 안전하게 직접 거래가 실행되도록 자체적으로 신뢰를 보증하는 전 자동화 계약 시스템이다. 즉, 이더리움은 스마트계약을 실행하는 분산형 플랫폼이다. 스마트계약과 탈중앙 자율조직(Decentralized Autonomous Organizations, DAO)을 기반으로 운영되어 거래 분쟁이 적고 분쟁 해결도 용이하다. 스마트계약은 계약 내용을 블록체인에 날짜와 함께 기록해 위·변조할 수 없도록 하며 쌍방이 계약조건에 합의하면 계약조항이 자동으로 집행된다.

예를 들어 철수가 영희의 책을 사기로 한다. 철수는 영희에게 1만원을 주고 영희는 철수에게 책을 주기로 합의한다. 근데 둘은 서로 잘 모르는 사이이므로 이 거래의 중개자가 되어줄 유미가 필요하다. 그래야 영희가 철수의 돈을 받고도 책을 주지 않거나, 철수가 책만 받고 돈을 지불하지 않는 상황을 대비하여 계약 내용을 입증해주고 계약한대로 이행하도록 중재 할 수 있다.

스마트 계약에서는 이렇게 신뢰할 수 있는 제3자인 유미가 필요 없다. 서로

알지 못하는 당사자들끼리도 쌍방이 동의한 경우 계약한 조건이 충족되면 자동적으로 이행되도록 프로그래밍 되어있기 때문이다. 그래서 계약 시 상대방이 사기를 치거나 계약을 이행하지 않으면 어쩌나 하는 걱정 없이 당사자 간에 신뢰할 수 있는 거래가 가능한 시스템을 구현할 수 있다. 단, 중개자가 없는 만큼 처음부터 설정해놓은 프로세스에 오류가 있었거나 계약이 이행된 이후 취소하고자 할 경우에 그전상태로 되돌릴 수 있는 방법은 없다.

2.7 가상화폐공개(ICO)

다양한 블록체인 네트워크상에서 토큰(또는 암호화폐) 발행을 통해 자금을 모집하는 것을 가상화폐공개 즉, ICO(Initial Coin Offering)라고 한다. 블록체인 스타트업 창업 시 초기 자금을 모집하는데 많이 활용되고 있는데 사업체 설립자들이 사업 아이디어를 담은 백서(White paper)를 온라인상에 공개하고 지지하는 사람들에게 토큰을 판매하는데 이때 법정화폐(원, 달러)가 아니라 암호화폐(비트코인, 이더)로 거래하게 된다.

ICO는 기업들의 주식시장인 기업공개 즉, IPO(Initial Public Offering)와 유사해보이지만 ICO가 IPO에 비해 빠르고 편리하고 쉽게 접근할 수 있다는 차이점이 있다.

< 표 4 > ICO와 IPO 비교

구분	ICO	IPO
거래 대상물	프로젝트(아이디어)	주권
제안서	백서	기업설명서
거래 시점	아이디어만 있으면 구현되기 훨씬 이전부터 투자 모집 가능	창업 후 몇 년간의 재무제표에 대한 회계 감사 후 진행
주체	비즈니스 아이디어만으로도 시도가 가능해 스타트업에서도 추진 가능 (개인 또는 단체/법인)	시간과 비용이 상당히 요구되어 규모가 작은 회사에서는 추진하기 어려움 (비상장 기업)
조달자금	암호화폐(비트코인)	법정화폐(원화, 달러)
발행	해당 프로젝트가 발행한 암호화폐	해당 기업의 주권
권리	없음	이익배당청구권, 의결권, 잔여재산분배청구권 등
가치	가상의 가치	본질적 가치
주관사	없음(홈페이지)	증권회사
적용 법률	없음	자본시장법

출처 : 김열매(2018), 김희승 외(2018) 자료를 토대로 재구성

Ⅲ. 보건의료분야에서 활용 가능한 블록체인 기술의 특성 및 분야

1. 블록체인 기술의 특성

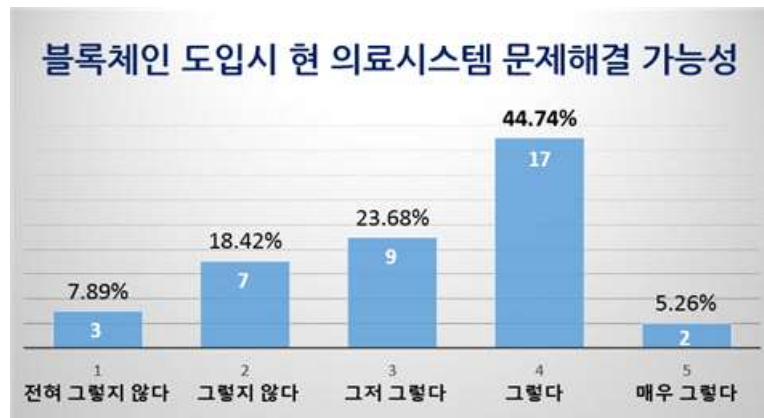
미국 IT 분야 컨설팅 회사인 가트너(Gartner)에 따르면, 보건의료분야는 블록체인을 도입했을 때 높은 효용성을 기대할 수 있는 분야이다. 변화를 통해 발전하기 위해서는 기존의 시스템을 분석하고 문제점을 파악하여 변화가 해당 문제를 해소할 수 있는지 검토할 필요가 있다. 현재 병원중심의 의료시스템에서 가장 큰 문제가 무엇이라고 생각하는지 델파이 설문을 시행하였다.

< 표 5 > 현재 의료시스템의 문제점

현재 의료시스템의 문제점	명수(명)	백분율(%)
환자 자신의 의료정보 소유 및 관리 불가	12	31.58
병원 간의 환자 정보 공유 불가	10	26.32
표준화되지 않은 의료정보	9	23.68
개인이나 기관이 소유한 의료정보 활용 불가	7	18.42
의료기록 위·변조의 위험성	0	0
불편한 보험청구 시스템	0	0
총	38	100

설문 결과 ‘환자 자신의 의료정보 소유 및 관리 불가’가 가장 큰 문제라고 꼽은 연구대상자가 전체 38명 중 12명(31.58%)이었고 ‘병원 간 환자 정보 공유 불가’를 가장 큰 문제라고 꼽은 연구대상자는 전체 38명 중 10명(26.32%)이었다. ‘표준화되지 않은 의료정보’를 꼽은 연구대상자는 38명 중 9명(23.68%)이었고, ‘개인이나 기관이 소유한 의료정보 활용 불가’를 가장 큰 문제로 꼽은 연구대상자는 7명(18.42%)이었다. 반면 ‘의료기록 위·변조의 위험성’이나 ‘불편한 보험청구 시스템’을 현재 의료시스템의 가장 큰 문제라고 꼽은 연구대상자는 한명도 없었다.

< 그림 6 > 블록체인 도입 시 현 의료시스템 문제해결 가능성



블록체인 도입 시 현 의료시스템의 문제가 해결 될 것으로 예상되는지에 대해 설문을 시행한 결과 ‘그렇다’고 응답한 사람이 17명(44.74%)으로 가장 많았고 ‘그저 그렇다’라고 응답한 사람이 9명(23.68%), ‘그렇지 않다’라고 응답한 사람이 7명(18.42%), ‘전혀 그렇지 않다’라고 응답한 사람이 3명(7.89%), ‘매우 그렇다’라고 응답한 사람이 2명(5.26%)으로 나와 부정적으로 응답한 10명(26.31%)에 비해 긍정적으로 응답한 19명(50%)의 비율이 더 높아 현재 의료시스템이 가지고 있는 문제들이 블록체인을 도입하면 어느 정도 해소될 것이라 전망하고 있다는 것을 알 수 있었다.

< 표 6 > 의료분야에 적용 시 고려할만한 블록체인의 장점

블록체인의 장점	명수(명)	백분율(%)
의료정보의 무결성(위·변조 불가능)	17	44.74
진료 및 활용내역의 투명성(조회 가능성)	8	21.05
의료정보의 보안성	7	18.42
스마트 계약을 기반으로 한 다양한 의료서비스 계약	3	7.89
탈중앙화와 분산원장에 따른 의료정보 분실방지	2	5.26
토큰 이코노미(ICO 등)를 활용한 의료산업 활성화	1	2.63
총	38	100

블록체인은 무결성, 신뢰성, 투명성, 탈중앙성, 보안성, 토큰 이코노미, 스마트

계약 등의 특성이 있다. 의료분야에 블록체인 기술을 적절하게 활용하기 위해서는 의료분야의 특수성을 염두에 두고 블록체인의 어떤 특징에 초점을 맞출 것인지를 먼저 고려해야 한다.

의료분야에 블록체인을 적용 시 고려할만한 블록체인의 가장 큰 장점에 대해 설문을 진행한 결과 ‘의료정보의 무결성(위·변조 불가능)’을 꼽은 연구대상자는 38명 중 17명(44.74%)으로 가장 많았다. 그리고 ‘진료 및 활용내역의 투명성(조회 가능성)’이라고 대답한 연구대상자는 8명(21.05%)이었으며, ‘의료정보의 보안성’이라고 답한 사람은 7명(18.42%), ‘스마트 계약을 기반으로 한 다양한 의료서비스 계약’이라고 답한 사람은 3명(7.89%), ‘탈중앙화와 분산원장에 따른 의료정보 분실방지’라고 답한 사람은 2명(5.26%), ‘토큰 이코노미(ICO 등)를 활용한 의료산업 활성화’라고 답한 사람은 1명(2.63%)이었다.

1.1 무결성과 신뢰성

블록체인 기술로 의료정보의 무결성과 신뢰성을 보장받을 수 있게 된다면 불필요한 사본 발급 절차나 제증명 서식 발급 수수료를 줄이고 편리하게 활용범위를 확장할 수 있는 가능성이 열리게 된다.

의료정보는 개인의 건강정보이며 진료기록으로 특정 목적에 의해 위·변조되어서는 안 된다. 간혹 개인이 보험금을 수령하기 위해서 의무기록 사본을 조작하거나 의료분쟁이 발생할 경우 병원에서 환자의 과거 진료기록을 위·변조했다는 의혹이 제기되는 경우가 있다. 이는 모두 의료정보의 무결성이 보장받지 못하고 있다는 것을 의미한다.

이보다 더 빈번하게 발생하는 사례는 병원을 옮겨서 진료를 볼 때 이전 병원의 진료기록을 환자가 직접 발급받아야 하는 것이다. 환자는 타병원에서 진료를 받기 위해 이전에 진료를 받았던 병원에 찾아가 서류와 영상 CD를 발급받아야 하며 이 자료들이 위조되지 않았다는 것을 증명하기 위해 돈을 내고 병원 직인을 받아야 한다. 만약 자료의 무결성과 신뢰성을 보장할 수 있게 된다면

면 불필요한 수고와 비용을 절약할 수 있게 된다.

1.2 투명성

블록체인 기술로 자신의 의료정보가 어떤 식으로 열람되고 활용되는지 투명하게 조회할 수 있고 관리할 수 있게 된다면 환자는 자신의 정보 유출에 대해 더 이상 불안해할 필요가 없어지고 나아가 자신의 의료정보를 다양하게 활용할 수도 있게 된다.

현재 의료정보는 병원에서 보관하고 관리한다. 환자들은 자신의 의료정보를 누가 접근해서 열람하는지, 어디에 어떻게 활용되고 있는지 알 수 없다. 실제 서울대병원의 정보 무단 열람 사례와 같이 사회적 유명인이나 연예인의 진료 기록을 병원 직원들이 무단으로 열람하고 유출한 사례들이 심심치 않게 보도되고 있다. 만약 자신의 의료정보에 대한 모든 이력을 스스로 조회하고 관리할 수 있게 된다면 정보 유출을 걱정할 필요가 없어지고 나아가 자신의 관리하에 의료정보를 활용할 수 있는 가능성도 열리게 된다.

1.3 보안성

보건의료 산업에 대한 해커들의 공격이 증가하고 있다. 2016년 앤섬(Anthem)이라는 건강보험회사에 대한 사이버 공격으로 약 7,800만 명의 고객 정보가 유출된 사례가 있었다. 소위 워너크라이(WannaCry) 랜섬웨어 공격에 의한 것으로 전 세계 수많은 병원의 환자들 정보가 암호화 처리되었고 해커들은 비트코인을 지급하면 암호를 풀어주겠다고 협박하였다. 타겟이 된 곳들은 주로 병원이나 기타 건강과 관련된 기관들이었기 때문에 유출시 문제가 발생할 수 있는 민감한 내용의 정보들이었다(Michael J. Casey & Vigna P., 2018). 보안에 대한 문제는 보건의료 산업에 국한된 문제가 아니며 이미 여러 차례 은행이나 카드사, 유명 사이트의 고객정보가 유출되어 사회적 문제로 대두되기도 하였

다.

4차 산업혁명의 사회는 사물 간 초연결사회로 보안은 필수적으로 풀어야 할 과제이다. 그리고 블록체인이 이러한 보안 문제의 대안기술로써 현재 주목받고 있다. 기존 중앙 집중방식의 시스템은 여러 보안장치와 소프트웨어를 통해 강력히 접근을 제한하는 방식이라 하면, 블록체인 기술은 개방을 통해 완전한 보안을 유지하는 기술이다(Sarah Underwood, 2016). 정보에 접근을 하지 못하게 막는 기존 방법 대신 정보를 모든 참여자에게 개방하고 공유함으로써 보안을 강화하는 방법이다. 의료정보에 블록체인을 적용하면 불법으로 복제하거나 해킹하거나 조작 및 삭제하려는 시도를 차단할 수 있어 보안성을 확보할 수 있다.

1.4 스마트계약

블록체인에는 제3의 중개자가 없어도 자동으로 운영되고 실행되어 자체적인 생태계를 구성할 수 있는 스마트계약 기능이 있다. 이 스마트계약 기능은 두 번째 암호화폐인 이더리움을 기반으로 처음 시작되었다. 스마트계약은 사전에 모든 계약내용을 등록하여 일정한 조건이 충족 시 자동으로 이행되도록 설정한 프로그램으로 인증기관의 규제나 법적 개입이 없이 개인 간 거래를 도와준다. 거래 중개자가 없이 자체적으로 거래의 신뢰성을 보증하므로 양당사자가 계약조건에 합의하면 계약 조항이 자동으로 이행된다.

참여자에게 어떤 행동에 대한 보상으로 가상화폐를 분배하는 경제 생태계를 ‘토큰 이코노미’라고 부른다(과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원, 2018). 보건의료분야에서는 보험계약이나 건강행위에 대한 보상계약 등의 스마트계약 형태로 토큰 이코노미 구현이 가능하다. 사전에 계약된 진단명이나 수술명 등의 지급조건이 충족되면 중간에서 보험회사의 심사를 거치지 않아도 자동으로 계약에 명시된 보험금이 입금되는 형태이다. 이러한 새로운 형태의 시스템에 대한 구현 가능성을 확인하기 위해 이미 실손보험 청구 시범사업이 교

보생명과 병원이 연계하여 진행한 바 있다.

또 다른 형태로는 건강행위에 대한 보상계약이 있는데 그 사례가 림포(Lympo)라는 애플리케이션(Application, 이하 “앱”이라 한다.)이다. 이는 블록체인 앱으로 일정한 목표 운동량을 채우면 그 보상으로 명시된 만큼의 암호화폐를 제공한다.

현재는 대부분 걷는 행위에 대한 보상이 고려되고 있지만 강화가 필요한 건강행위는 이 외에도 많다. 당뇨병환자가 규칙적으로 혈당을 측정해서 기록하도록 하고, 고혈압환자가 매일 정해진 시간에 약을 복용하고 혈압을 측정해서 기록하도록 할 수도 있다. 또한 면역억제제나 항암제, 스테로이드약, 결핵약 등 장기적으로 복용해야하거나 반드시 정해진 시간에 복용해야하는 혈중농도 유지가 중요한 약이나 고위험약의 복용시간을 기록하도록 하고, 이런 건강행위를 제대로 수행한 경우 암호화폐 등으로 보상하는 시스템을 구축할 수도 있다. 이를 통해 얻은 암호화폐는 개인의 금전적 보상을 위해 활용될 수도 있지만, 이것을 다시 건강증진 서비스를 제공받을 수 있는 포인트 개념으로 사용하거나, 약값이나 진료비를 경감해주는 용도 등으로 다양하게 활용할 수 있다.

1.5 탈중앙성

블록체인은 분산원장기술로 의료정보를 탈중앙화해서 저장하면 예상치 못한 사고로 인한 의료정보의 분실을 방지할 수 있고, 정보의 독점으로 인한 부작용을 예방하는 효과를 가져 올 수 있다.

병원 중심의 의료시스템에서는 병원이 의료정보를 독점하고 자체적인 데이터 베이스를 구축해 이를 저장하고 보관한다. 만약 병원의 서버가 위치한 데이터 센터가 화재나 재난으로 인해 파손될 경우 환자의 하나뿐인 의료정보가 손상되거나 분실될 위험이 있다. 그러나 의료정보가 분산되어 저장되면 일부 서버가 파괴되는 상황이 온다 하더라도 의료정보의 원본을 안전하게 보관할 수 있다.

2. 활용 가능한 기술 분야

최근 과학기술은 여러 가지 기술을 융합함으로써 높은 시너지효과를 유발시킨다. 블록체인 기술도 존재하고 있는 여러 기술을 적절하게 융합하고 활용함으로써 존재하게 되었다. 의료분야에 블록체인 기술을 적용할 때도 다른 IT 기술과 융합해서 적용하면 더 넓은 분야에서 더 높은 효과를 기대할 수 있다.

< 표 7 > 의료분야에 블록체인과 융합하기 좋은 기술

융합하기 좋은 기술	명수(명)	백분율(%)
빅데이터	17	44.74
인공지능	12	31.58
정밀의료	6	15.79
사물인터넷	3	7.89
가상현실(VR) & 현실 증강(AR)	0	0
총	38	100

의료분야의 특수성을 고려했을 때 블록체인 기술과 융합되면 가장 효율적일 것이라고 생각되는 4차 산업혁명 기술이 무엇인지 설문을 진행한 결과 ‘빅데이터’라고 답한 연구대상자가 38명 중 17명(44.74%)으로 가장 많았고, 그 뒤로 ‘인공지능’ 12명(31.58%), ‘정밀의료’ 6명(15.79%), ‘사물인터넷’ 3명(7.89%) 순이었다. ‘가상현실(VR) & 현실증강(AR)’을 선택한 대상자는 없었다.

이외에도 클라우드(Cloud)¹⁾는 블록체인과 융합하여 활용하기에 굉장히 용이한데 특히 보건의료분야에서 활용도가 높다. 클라우드는 업무자료를 PC가 아닌 개별 공간에 저장하는 외부 데이터 센터의 개념으로 사용자가 언제 어디서나 인터넷에 접속해 필요한 정보에 접근할 수 있다. 클라우드 기술의 가장 큰

1) 클라우드(Cloud) : 데이터를 컴퓨터 내부에 저장하는 것이 아니라 인터넷에 연결된 중앙컴퓨터에 저장하여 어디서든 인터넷을 통해 접근이 가능하도록 고안된 저장소. 기업 내의 서버나 저장장치를 따로 두어 관리하지 않아도 외부의 전문 데이터 저장 및 관리서비스인 클라우드를 이용하면 편리하게 데이터를 저장 및 활용할 수 있음.

장점은 데이터 보존 능력이 획기적으로 향상된다는 것이다. 보통 데이터를 저장해놓은 PC나 이동식저장매체를 분실하거나 손상 시 그 안에 저장되어있는 데이터도 잃어버리게 되는 경우가 많다. 그러나 클라우드를 이용하면 데이터의 안전을 보장받을 수 있으며 어느 매체로도 언제 어디서나 접속할 수 있다. 클라우드 기업은 데이터를 저장한 서버를 안전하게 관리하고 사용자는 그 서버를 이용하는 대신 사용료를 지불한다. 윤광석(2018)에 의하면 클라우드 기술은 다른 정보기술과 결합하여 그 기술의 완성도를 높여주거나 그 기술을 구현 가능하게 도와주는 기술이다.

2.1 빅데이터

빅데이터의 중요성은 이미 여러 분야에서 인정받고 있으며, 최근에는 기업이 지니는 유무형의 자산 중에서 가장 큰 가치를 지니는 것으로 평가되고 있다 (윤광석, 2018). 의료분야에서 빅데이터는 질병의 양상을 확인하고 효과적인 치료법을 찾는 데 쓰일 뿐만 아니라 질병을 예방하고 조기에 발견하기 위한 기준자료로 활용된다. 빅데이터에 블록체인을 융합하는 것은 의료분야에서 특히 중요하게 고려해볼만한 가치가 있는데 그것은 의료정보가 개인의 민감정보라는 특수성과 블록체인 기술이 가진 투명성과 신뢰성 그리고 보안성 때문이다.

의료분야에서 인공지능이나 정밀의료가 활성화되기 위해서는 의료정보를 체계적으로 정리해서 모은 빅데이터가 먼저 준비되어 있어야 한다. 산발적으로 퍼져있는 국민 개개인의 비정형 의료정보들이 익명화되고 암호화되어 한데 모여 국가의 빅데이터로 저장되면 우리나라 국민의 인종적 특징을 파악하고 그에 적합한 건강보험 정책이나 제도를 고려할 수 있게 된다.

현재도 국민의 건강정보는 통합저장되고 있으며 건강보험심사평가원에서 운영하는 보건의료빅데이터개방시스템을 통해 연구용 자료로 제공되고 있다. 그러나 정보가 제한되어 있을 뿐만 아니라 자신들의 의료정보를 국가가 독점하고 어떻게 활용되는지 알 수 없는 것에 대해 불안감이나 불편함을 가지는 사

람들도 있다. 특히 유전자 정보는 연구를 위해 빅데이터화 하는 것이 필요하지만 다른 정보보다 더 민감한 정보라 수집하거나 다루기가 쉽지 않다. 이 경우 블록체인으로 안전하게 저장하고, 투명하게 정보의 이용 내역을 확인할 수 있게 된다면 필요한 의료정보의 이동이나 활용이 지금보다 훨씬 원활해 질 것으로 예상된다.

2.2 인공지능

인공지능(Artificial Intelligence, AI)은 IBM의 왓슨이나 영상검사 판독 등으로 이미 의료분야에서 활발하게 연구되며 활용되고 있는 기술이다. 이러한 인공지능에 블록체인 기술이 융합되면 개인의 건강정보를 기반으로 한 질병예측이나 건강상담이 가능해진다.

가천대길병원을 포함한 우리나라의 여러 병원에 이미 적용되어있는 왓슨 포 온콜로지(Watson for oncology, 이하 “왓슨”이라 한다.)는 종양을 다루는 진료과에서 암환자에 대한 치료법을 제안해주는 진료지원의 기능을 한다. 병원에서 입력한 환자의 의료정보를 바탕으로 가장 치료확률이 높은 치료법, 즉 특정 항암 프로토콜이나 수술, 방사선치료 등의 치료방법을 적합도 및 근거자료와 함께 제시한다. 진료의사는 이 자료를 참고로 치료방향을 결정한다. 일부는 우리나라의 의사들이 선택한 치료법과 왓슨이 제시한 치료법과의 불일치율이 미국보다 높아 왓슨의 능력이나 활용가능성에 의구심을 제기하기도 한다. 이는 판단의 기준자료가 우리나라 환자들의 자료가 아니라서 민족적 특성을 제대로 반영하지 못했고, 우리나라의 보험인정기준을 고려하지 않았기 때문이라고 추측해볼 수 있다. 또한 정확한 평가를 위해 평가 기준을 ‘의사가 선택한 치료법과의 일치율’이 아닌 ‘생존율/완치율 비교’ 등으로 변경하여 실제 치료 결과를 바탕으로 평가하는 방안도 고려해볼만 하다.

인공지능은 기존의 자료를 분석해서 제시하는 것에 그치는 것이 아니라 분석 결과를 토대로 미래를 예측할 수 있다. 의료분야에서는 미래 예측 기능을 개

인의 건강 정보를 토대로 질병을 미리 예측하여 사전에 대비할 수 있도록 활용하기 위해 노력 중이다. 이는 국가에서 질병을 조기에 발견하여 치료율을 높이기 위해 시행하고 있는 ‘생애주기별 건강검진’보다 훨씬 더 높은 효과를 기대할 수 있다. ‘생애주기별 건강검진’은 이미 질병에 걸린 사람을 조기에 발견해서 치료효과를 높이고 의료비를 감소하는데 그 목적이 있지만, 질병을 미리 예측할 수 있다면 사전에 발병 자체를 예방할 수 있는 가능성이 열리기 때문이다. 지금은 기준자료가 해당 병원에서 입력한 의료정보에 한정되어 있기 때문에 분석에 한계가 있지만, 블록체인 기반 플랫폼을 통해 모든 병원의 진료기록과 개인의 생활습관, 유전정보, 건강정보 등을 한 곳에 모으면 수집된 개인의 포괄적 정보를 기반으로 인공지능은 개인의 질병예측을 더 정확하게 할 수 있을 것으로 기대된다.

2.3 정밀의료

정밀의료(Precision medicine)는 개인의 유전자 정보를 바탕으로 개개인에게 개별적인 맞춤의료서비스를 제공하는 것을 말한다. 의료분야에서 정밀의료와 블록체인 기술이 융합되면 세계 유전자 퍼블릭 체인(World Public Gene Chain, WDNA)에서 이야기하는 전 세계인의 유전정보를 기반으로 한 유전자 역권도 실현 가능해지고 개인의 유전자 정보를 기업에 제공하고 보상으로 암호화폐를 받는 것도 가능해진다.

정밀의료의 대두되기 전까지는 특정 질병에 대한 치료법은 모든 환자에게 동일했다. 그러나 과학기술의 발달로 유전자 분석이 가능해지기 시작하면서 동일한 환자라 하더라도 개인의 특성에 따라 다른 치료법을 제공해야 된다는 인식이 생기기 시작한다. 유전정보는 한 개인에 대한 모든 것을 나타내주며 아직 표면에 드러나지 않은 잠재적 성질까지도 포함하고 있기 때문에 취급에 각별한 주의를 기울여야 하는 정보이다. 따라서 블록체인의 암호화 기술과 투명한 거래내역 조회 기능이 융합되면 연구를 위해 필요한 정부기관이나 기업에

안전하게 보안된 형태로 제공할 수 있게 될 뿐만 아니라 개인은 정보를 제공한 대가를 받을 수도 있게 된다.

2.4 사물인터넷

사물인터넷(Internet of Things, 이하 “IoT”라고 한다.)은 사물과 사물이 인터넷으로 연결되어 인간의 중간 개입 없이 스스로 새로운 서비스를 제공하는 기술이나 환경을 말한다. 2000년대 후반부터 ‘만물인터넷’으로 불리며 그 중요성과 활용성을 전문가들에게 인정받은 기술이다. IoT 산업은 주로 스마트 시티, 홈 IoT, 자율주행 분야에서 주목받고 있다(윤광석, 2018). 이러한 특성은 중개자가 없는 블록체인의 스마트계약과 잘 어울리며 두 가지 기술을 융합하면 정부나 의료기관, 또는 제3의 관리자를 거치지 않아도 계약의 당사자끼리 직접 거래가 가능해진다.

목표로 설정한 특정 건강행위를 달성했을 때 보상을 제공하는 림포도 스마트 계약이면서 동시에 IoT를 이용한 사례이다. 칫솔에 센서를 연결해서 칫솔질의 양상을 파악하고 필요시 양치질을 하도록 권하거나 양치질이 제대로 안된 부분에 대해 자동으로 조언하는 메시지를 발송하게 할 수도 있다. 혹은 약통에 부착된 센서를 통해 약의 복용여부를 파악하고 약이 다 떨어지기 전에 자동으로 주문되도록 할 수도 있으며, 벨트 등의 웨어러블 디바이스(Wearable device)를 통해 복부 지방량을 모니터링하고 목표치 달성 시 특정 보상을 받을 수 있도록 계약 조건을 생성할 수도 있다.

이러한 특성을 의료분야에 접목시키면 병원에서 진료 받는 것에 국한되어있던 의료서비스가 점차 일상생활 속에서 스스로 건강 관리하는 형태로 다양하게 확장되어 나갈 것으로 예상된다.

IV. 보건의료분야 블록체인 기술 활용방안

1. 개인의 활용방안

블록체인 기술은 보건의료분야 전반에서 다양하게 활용가능하다. 특히 병원이 의료정보를 독점함으로써 정보 비대칭의 피해자로 인식되고 있던 의료소비자 즉, 개인이 블록체인 기술로 인해 주권을 되찾을 수 있다는 가능성에 주목할 필요가 있다.

< 표 8 > 의료분야에 블록체인 적용 시 예상되는 이익집단

이익집단	명수(명)	백분율(%)
개인(환자)	21	55.26
의료기관(의료인)	8	21.05
의료분야의 블록체인 사업가	5	13.16
정부(국가)	4	10.53
총	38	100

본 연구에서 진행한 의료분야에 블록체인 적용 시 예상되는 이익집단에 대한 설문결과에서도 38명 중 21명(55.26%)의 연구대상자가 ‘개인(환자)’이 이익을 보게 될 것이라고 답했다.

< 표 9 > 의료 블록체인 활용방안의 적합성 평가(개인)

* 개별응답 가능

의료 세부분야에 블록체인 기술 활용 방안	명수(명)	백분율(%)
자신의 의료정보 소유, 관리 및 활용	28	73.68
개인의 유전자정보 저장 및 활용	18	47.37
개인이 생산해내는 건강정보(디바이스 이용 등)의 가치부여 및 활용	17	44.74

보건의료분야에서 블록체인 기술을 개인이 활용할 수 있는 방안에 대해 개별적으로 적합성 평가를 시행한 결과 ‘자신의 의료정보 소유, 관리 및 활용’방안

에 대해 전체 38명 중 28명(73.68%)이 적합하다고 응답했고, ‘개인 유전자정보 저장 및 활용’방안에 대해서는 전체 38명 중 18명(47.37%)이 적합하다고 평가했다. 또한 ‘개인이 생산해내는 건강정보(디바이스 이용 등)의 가치부여 및 활용’방안에 대해 전체 38명 중 17명(44.74%)이 적합하다고 답했다.

1.1 의료정보 소유 및 활용

현재의 의료정보 저장 방식은 환자가 자신의 건강을 최상으로 지키기에 비효율적인 구조이다. 어떤 환자가 의식을 잃었거나 응급한 상황으로 인근 병원 응급실에 왔을 때 이 환자의 기존 의료정보를 확인할 수 없어 치명적인 상황을 겪게 되기도 한다. 병원 간 의료정보가 제대로 공유되지 못하고 있을 뿐만 아니라 환자 자신도 자신의 의료정보를 소유하지 못하기 때문이다. 미국의 메드렉(Med Rec) 프로젝트가 등장한 배경이 여기에 있다(Michael J. Casey & Vigna P., 2018).

미국 보건복지부(U.S Department of Health & Human Services, HHS)의 산하기관인 국가의료정보기술 조정국(Office of the National Coordinator for Health Information Technology, ONC)은 2016년 블록체인을 이용해 의료정보를 보호·관리·교환할 수 있는 방법에 대한 아이디어를 공모했다. MIT 미디어 연구소는 메드렉을 개발했는데 이는 의료 정보 자체가 저장되는 시스템이 아니라 서명을 기록하고 실제 원본 데이터는 환자가 소유하고 관리하도록 하는 시스템이다. 구글 딥마인드 헬스는 영국 국가보건서비스(National Health Service, NHS)와 함께 환자가 실시간으로 자신의 의료정보를 모니터링할 수 있는 블록체인 시스템을 개발하고 있다. 에스토니아 정부는 국민의 의료 정보를 블록체인 상에 올리고, 개인 계정을 통해 관리할 수 있도록 하고 있다. 메디블록(Medibloc)은 국내에서 환자 개인이 직접 여러 의료기관에 분산된 자신의 의료정보를 통합, 관리 및 유통할 수 있게 하는 블록체인 기술을 개발하고 있다 (노구치 유키오, 2018; 보건산업진흥원, 2017; 과학기술정보통신부·한국과학기술

술기획평가원, 2018).

과학기술의 한계로 인해 유전자 정보를 분석할 수 없었던 과거와는 달리 현재는 쉽게 유전자 검사 결과를 받아볼 수 있게 되었다. 유전자는 한 인간에 대한 모든 정보를 담고 있어 개인이 가지고 있는 모든 기질적, 유전적 요소를 그대로 보여준다. 개인의 유전자 정보가 유출되면 발현되었거나 잠재되어있는 유전적 성향 때문에 원치 않는 선입견이나 차별을 받을 위험도 있고 완전히 해독하지 못한 유전정보를 선불리 왜곡해서 해석할 가능성도 존재한다. 이는 단순히 한 개인에 대한 차별뿐만 아니라 가족이나 지역에 대한 선입견 및 차별로 이어질 수 있으며 더 나아가 나라, 민족, 인종에 대한 유전적 특성을 과학적으로 검증하여 낙인찍는 등 오용하게 될 가능성도 있다.

최근 블록체인 기술을 활용해 유전자 정보를 안전하게 보관하고, 암호화하거나 익명화시킨 정보를 유전자 정보가 필요한 기관에 제공해줄 수 있는 보안성과 활용성이 동시에 보장된 사업들이 진행되고 있다.

세계 최초 유전자 기반 오픈 플랫폼인 MyGenomeBox는 개인에게 유전자 분석결과에 대한 서비스를 제공하고 이러한 데이터를 제약사 및 연구기관에 제공하고 있으며(보건산업진흥원, 2017), 23andMe는 소비자가 직접 의뢰해서 유전자 검사를 시행하는 DTC(Direct To Customer) 서비스를 통해 200달러 정도의 저렴한 가격에 유전자를 분석하여 제공하고 있다.¹⁾ 검사 키트를 홈페이지에 등록하고 키트 안에 있는 튜브에 침을 뱉어 발송하면 이메일로 유전자 분석 결과를 받아볼 수 있다. 그리고 고객은 자신의 유전정보를 연구를 위해 기부하도록 요청받는데 80% 이상의 고객들이 이에 동의하여 자신의 데이터를 제공한다(최윤섭, 2018). 기부한 데이터는 신약개발 연구를 위한 중요한 자료로 활용 되지만, 자신의 개인 정보를 제공한 대가가 고객에게 이익으로 돌아오지 않는다는 한계가 있다.

1) 혈통에 대한 유전자 검사만 진행하는 비용이 약 100달러 정도이며, 건강 정보까지 분석하려면 약 200달러를 지불해야 함. 출처: <https://www.23andme.com/>

우리나라에서는 유전자 검사의 DTC 방식이 법적으로 허용되지 않아 검사가 불가능하다. 이에 대한 사회적 허용 요구가 지속되면서 DTC 유전자 검사 서비스가 2019년 4월에 개최된 제3차 산업융합 규제특례심의위원회에서 규제 샌드박스¹⁾의 실증특례 사업으로 선정되었다. 이에 따라 현재 4개의 사업체(마크로젠, 디엔에이링크, 테라젠이텍스, 메디젠휴먼케어)에서 유전자 검사를 할 수 있게 되었다. 기존에 비의료기관에서 할 수 있는 유전자 검사 항목의 수가 12개로 제한되어있던 것을 폭넓게 시행할 수 있게 된 것에 의미 있는 일이라고 할 수 있다.

네블라 지노믹스(Nebula Genomics)는 유전자 정보를 가진 개인과 유전자 정보를 필요로 하는 기업 사이에서 개인이 익명으로 유전 정보를 제공하고 그 보상으로 네블라가 발행한 암호화폐를 받을 수 있는 서비스를 진행하고 있으며 정보를 안전하게 관리하기 위해 블록체인을 사용하고 있다.

에스토니아는 전 국민을 대상으로 유전자 분석을 정부의 지원 하에 시행하고 있다. 전 국민의 의료정보 및 처방정보를 한 곳에 모아 보유하고 활용하고 있는 상태에서 유전자 정보까지 결합되면 에스토니아의 의료 수준이 얼마나 진화하고 다양한 양상을 띠게 될지 기대된다(박용범, 2018). 유전자 분석은 이제 발전 단계에 있기 때문에 어떻게 표준화시켜서 유통하고 취합할 것인지 충분한 연구가 뒷받침되어야 한다(유형원 외, 2018).

개인의 의료정보를 소유하거나 관리 및 활용하기 위해서는 병원의 협조가 필수적이다. 현재는 비의료기관에서 받을 수 있는 유전자정보 등의 의료정보는 한정적이며 병원에서 생산하는 진료기록이 의료정보의 대부분을 차지한다. 개인이 병원에서 생산한 자신의 의료정보를 소유하기 위해서는 병원에서 환자에게 의료정보를 제공해줘야 하지만 병원입장에서는 그것을 위해 별도로 전산시

1) 규제 샌드박스 : 기업들이 혁신적 아이디어를 마음껏 실현할 수 있도록 새로운 제품이나 서비스에 대해 일정 기간 동안 규제를 면제하거나 유예시켜주는 제도. 2년 동안 규제 적용이 배제되며 1회 연장 가능. 그동안 정부는 관련 규제를 정비한 뒤 정식허가를 내주게 됨. 출처 : <https://sandbox.kiat.or.kr/>

시스템 구축 등의 비용을 소비해야 한다. 따라서 서면으로 의무기록 발급 시 일정한 수수료를 받듯이 블록체인을 통해 의무기록을 제공할 경우에도 그보다 저렴한 비용의 수수료를 받을 수 있도록 규정해줄 필요가 있다. 또한 2020년 의료질평가 항목의 ‘전달체계 및 지원활동’ 영역에 시범지표로 포함되어 있는 ‘전자의무기록시스템(EMR) 인증’의 기준으로 추가하여 추후 의료기관의 의료질평가 보상기준 중 하나로 포함하는 방안을 고려해볼만 하다. 그렇게 된다면 의무기록 발급을 담당하던 인건비를 절감하고 의료질평가에서 좋은 결과로 보상을 받아서 초기 도입비용에 대한 손실을 만회하고 환자의 의무기록을 블록체인으로 발급하는 최신 시설을 겸비한 환자중심의 병원이라는 홍보효과를 누릴 수 있을 것으로 보인다.

1.2 건강정보 소유 및 활용

건강행위에 대한 보상계약을 해주는 블록체인 앱들은 대부분 개인이 생산해내는 건강정보를 취하는 대신 그에 대한 보상을 암호화폐로 주는 형태로 구성되어 있다.

IBM에 따르면 개인이 평생 스스로 만들어내는 ‘환자 유래의 건강정보’는 1,100테라바이트라고 하며, Frost & Sullivan에서 발행한 보고서 ‘Future of Blockchain Technology in Connected Health Ecosystem(2017)’에 의하면 개인이 센서나 웨어러블 기기를 통해 수집할 수 있는 정보는 사람이 만들어내는 전체 건강정보의 20%이고, 사회경제적 요인이나 생활습관 등의 외부 정보는 전체 건강정보의 35%라고 하였다.

그동안 이런 정보는 측정과 수집이 어려워 활용이 불가능했다. 그러나 과학기술의 발달로 현재는 다양한 정보의 측정과 수집이 가능해졌고 정확도가 상승하였다. 이런 건강정보들은 한 사람을 이해하고 연구하는데 중요한 자료기 때문에 활용 가치가 높다.

개인이 생산해내는 건강정보에 가치를 부여하기 위해서는 다양한 활용방안과 그에 맞는 홍보활동이 요구된다. 현재 대부분의 앱은 림포(Lympo)나 헬스코인(Healthcoin)처럼 걷기 형태의 활동에 대한 정보를 수집하는 방식을 고려하고 있어 데이터의 활용도가 낮은 편이다. 건강 앱의 단점은 개인이 생산하고 입력한 자료만을 얻을 수 있다는 것이다. 걷는 앱을 설치할 때 사용자의 키와 몸무게, 나이, 콜레스테롤 수치, 혈압, 맥박, 흡연여부, 알코올 섭취여부, 질병력 등을 개인이 직접 선택하거나 입력하도록 하고 있는데 이 수치에 대한 신뢰도가 낮아 활용가치가 높지 않다.

따라서 이 분야에서 블록체인을 활발히 활용하기 위해서는 두 가지 개선필요사항이 있다.

첫째, 병원에서 제공한 개인의 의료정보와 개인이 디바이스 등을 통해 생산한 건강정보를 접목해서 활용할 수 있는 방안을 고안해야 한다. 그렇게 되면 신뢰할 수 있는 개인의 의료정보와 건강정보를 통합적으로 분석할 수 있어 개인이 생산한 건강정보의 가치가 상승하게 된다.

둘째, 걷기뿐만 아니라 칫솔질에 대한 정보, 식이(소금, 물 섭취량 등)에 대한 정보, 행동(앉아있는 시간, 자세, 수면 패턴 등)에 대한 정보, 질병(혈압, 혈당, 복부둘레, 심장박동 등)과 관련된 정보 등 다양한 기능의 웨어러블 센서 디바이스를 통한 활용방안을 고안해야 한다. 또한 이러한 활용방안에 관심을 가질 만한 집단을 타겟으로 맞춤형 홍보가 필요하다.

2. 의료제공자의 활용방안

의료분야에서 블록체인 기술을 의료기관/의료인/의료관련 사업체 등 의료제공자가 활용할 수 있는 방안에는 타임스탬프를 통해 병원 기록의 위·변조를 방지하는 것과 실손의료보험 간편 가입, 청구 및 심사에 적용하는 것이 있다. 또한 암호화폐 보상을 기반으로 한 의료전문가의 인터넷 상담을 제공하는 것과 외국인 환자 원격진료 후 암호화폐로 진료비를 결제하는 것 등이 있다.

< 표 10 > 의료 블록체인 활용방안의 적합성 평가(의료제공자)

* 개별응답 가능

의료 세부분야에 블록체인 기술 활용 방안	명수(명)	백분율(%)
타임스탬프를 통해 병원 의료정보의 악의적 위·변조 방지	21	55.26
(실손)의료보험 간편 가입, 청구 및 심사	20	52.63
암호화폐 보상을 기반으로 한 의료전문가의 인터넷 상담	9	23.68
외국인 환자 원격진료 후 암호화폐로 진료비 결제	7	18.42

의료분야의 블록체인 기술을 의료제공자가 활용할 수 있는 방안에 대해 개별적으로 적합성 평가를 시행한 결과 ‘타임스탬프를 통해 병원 의료정보의 악의적 위·변조 방지’방안에 대해 전체 38명 중 21명(55.26%)이 적합하다고 응답했고, ‘(실손)의료보험 간편 가입, 청구 및 심사’방안에 대해 전체 38명 중 20명(52.63%)이 적합하다고 평가했다. 또한 ‘암호화폐 보상을 기반으로 한 의료전문가의 인터넷 상담’방안은 전체 38명 중 9명(23.68%)이 적합하다고 답했으며, ‘외국인 환자 원격진료 후 암호화폐로 진료비 결제’방안에 대해서는 전체 38명 중 7명(18.42%)이 적합하다고 평가했다.

2.1 의료기관 정보 위·변조 방지

의료법 제21조, 22조에서 진료기록부, 조산기록부, 그 밖의 진료에 관한 기록(이하 “진료 기록”이라 한다.)을 추가·기재·수정한 경우 수정 전의 원본까지 모두 보관하여야 하며 환자가 요청 시 이를 제공해야 한다고 규정하고 있다. 또한 같은 법 제66조에서 관련 서류를 위·변조하여 진료비를 거짓 청구한 경우 의료인의 면허자격을 1년 범위에서 정지시킬 수 있다고 명시하고 있다.

진료 기록은 적절한 시간에 적절한 내용으로 작성되어야 하며, 이를 모니터링하기 위해 의료기관평가인증원에서 진행하는 의료기관인증평가나 건강보험심사평가원에서 진행하는 적정성 평가, 국제의료기관평가위원회(Joint Commis

sion International, JCI)에서 진행하는 병원인증평가 등의 평가 기준에는 기록의 내용뿐만 아니라 작성된 시간에 대한 규정이 중요하게 포함되어있다.

기록 작성시간이 중요한 이유는 의료서비스의 질적 수준 및 신뢰와 연관되어 있기 때문이며 점차 증가하고 있는 의료분쟁¹⁾과 무관하지 않다. 최근 의료사고에 대한 뉴스가 자주 보도되고 있고 그 중엔 병원이 의료사고 후 기록을 위·변조 했다는 의혹이 제기되는 사건들도 많다. 당시의 현황을 파악하기 위해서는 전문적인 의료 지식이 필요할 뿐만 아니라 증거자료를 찾아야 하기 때문에 의료사고를 당했다고 생각하는 환자나 보호자의 입장에서는 이를 주장하기가 쉽지 않다. 게다가 가장 중요한 증거자료인 진료 기록을 병원에서 작성하고 보유하고 있기 때문에 환자나 보호자의 입장에서는 의무기록 사본을 최대한 빨리 발급해서 보관하는 것 이외에는 증거자료 위조를 방지하기 위해 할 수 있는 것이 많지 않다.

물론 환자나 보호자가 주장하는 모든 분쟁사건이 전부 의료과실에 해당하진 않는다. 의료채무는 확정된 일정한 결과를 달성함으로써 이루어지는 “결과채무”가 아니라 치유 등의 결과를 향해 최선의 주의를 기울여 적절한 의료행위를 실시하는 것을 내용으로 하는 “수단채무”이기 때문이다. 즉, 걸어서 병원에 들어간 환자가 퇴원 시 입원 전보다 상태가 악화되었다고 하더라도 그것이 곧 병원이나 의료진에 과실이 있다는 것을 의미하지는 않으며 의료행위의 과정에서 원칙이나 의무를 위반한 것이 있는지 여부가 중요하다. 그리고 이를 제대로 판단하기 위해서는 그 근거가 되는 진료 기록의 내용과 작성한 시간에 대한 신뢰가 밑바탕에 깔려있어야 한다.

이와 같이 진료 기록을 위·변조하여 의료과실을 숨기거나 보험료를 과다하게 청구하는 등의 부정사용을 방지하고 진료 기록뿐만 아니라 의료분야에 대한 신뢰를 향상시키기 위해서는 모든 진료 기록이 작성되는 시간과 작성자에 대한 사인이 타임스탬프로 기록되어야 하고 작성된 기록들 간의 시간 전후관계가 표시되어야 한다. 이를 통해 추후 불법적으로 수정하는 것을 방지하고 합

1) 의료분쟁 : 의료사고로 발생하는 환자와 의사의 다툼

법적인 절차에 의해 수정하는 것은 기록으로 남김으로써 해당 진료 기록에 대한 모든 변경사항이 타임스탬프와 함께 보존되어야 한다. 아무리 전산에 저장된 진료기록의 작성시간을 확인한다고 하더라도 어떻게든 흔적을 남기지 않고 시스템 상에서 수정하는 것이 가능하기 때문에 작성한 시간을 타임스탬프로 기록하고 내용별 해시 값을 함께 저장하여 의료기록의 무결성을 입증하고 신뢰를 회복할 수 있는 방안을 고려할 필요가 있다.

타임스탬프를 통해 병원 의료정보의 악의적 위·변조를 방지하기 위해서는 의료분야에 맞게 블록체인 형태를 변형해야한다. 기록의 인증저장 시점에서 항상 기록시간, 기록한 사람의 정보를 저장하고 전체 내용에 대한 해시 값을 함께 명시하면 위·변조를 막을 수 있다. 진료 기록은 추가기재·수정을 할 수 있기 때문에 수정 전 원본을 불러와서 그 위에 편집표시나 취소선, 색깔 등으로 추가기재·수정한 내용을 눈에 잘 띄게 표시하여 변화를 한 눈에 알아볼 수 있도록 기록하게 할 수 있다. 역시 이 경우에도 기록시간, 기록한 사람의 정보 및 수정 전후 내용을 포함한 전체 해시 값을 함께 기재하여 기록의 무결함을 증명하면 의료법에서 명시한대로 수정 전후의 진료 기록 원본 및 시간을 투명하게 보관할 수 있다.

2.2 의료보험 가입, 청구 및 심사

블록체인의 스마트계약은 제3자의 개입 없이도 쌍방이 계약조건에 합의하면 계약조항이 자동으로 집행되는 전 자동화 계약 시스템이다. 스마트계약을 의료보험에 적용하면 가입 및 청구와 심사가 간편해지는데 보험회사는 처음부터 계약조건을 제시해놓고 블록체인 앱에 프로그래밍한하면 사용자가 계약조건인 약관을 살펴보고 조건에 동의하는 순간 보험가입은 끝이 난다. 만약 사용자에게 계약조건에 해당하는 사건이 발생하면 계약조항에 따라 곧바로 보험금을 수령하게 되며 따로 자료를 첨부해서 청구하고 서류 심사가 끝날 때까지 결과

를 기다리는 중간과정은 필요 없게 된다. 환자의 입장에서 봤을 때 보험회사에 보험금을 청구하기 위해 의료기관에서 의무기록 사본을 발급받아야 하는 수고와 발급 수수료가 사라지고 명확한 기준에 의해 보험금 수령여부가 결정되기 때문에 보험회사가 보험금 지급을 거부하지 않을까 걱정할 필요가 없어진다.

예를 들어 계약조건을 정할 때 실손보험의 경우에는 수납영수증의 본인부담금으로 정할 수 있고, 생명보험의 경우에는 한국표준질병·사인분류(Korean Classification of Disease, KCD)이나 국제질병분류기호(International Classification of Disease, ICD)와 같은 표준화된 질병코드를 활용하여 기준으로 삼을 수 있을 것이다. 수술이나 검사의 경우에는 의료기관에서 건강보험심사평가원에 전자문서교환 시스템으로 전송할 때 사용하는 EDI(Electronic Data Interchange) 코드를 활용하는 방안을 고려해볼 수 있을 것이다.

보험회사 입장에서 의료보험에 블록체인을 적용함으로써 보험금 청구 시 증빙자료의 위·변조를 방지하고 보험금 중복청구를 예방할 수 있으며 첨부자료를 심사하고 지급여부를 결정할 인력의 역할이 줄어들면서 인건비가 절약된다.

실제 교보생명은 국내 최초로 ‘블록체인 기반 실손의료보험금 자동청구 서비스’를 구축해서 운영하였고, LG CNS에서도 모나체인(Monachain)을 이용한 보험금 청구 프로세스를 공개했다.

블록체인 적용 시 새롭게 도입을 고려해볼 수 있는 보험의 형태는 크게 세 가지이다. 첫째, 스마트계약을 활용한 보험으로 사전에 약속한 조건이 충족되면 자동으로 수행되며 실손의료보험 자동청구서비스와 유사하다. 이미 프랑스의 보험사 AXA는 비행기연착보험을 출시하여 비행기가 2시간 이상 연착 시 자동으로 탑승객에서 보상 프로세스가 진행되는 보험 상품이 출시하기도 했다. 둘째, 파라메트릭보험(Parametric Insurance)으로 풍속, 온도 등과 같이 객관적인 지표(Parameter)에 의해 보상이 결정되는 보험이다. 여행가는 날 습도가 몇 퍼센트 이상일 경우 보상받는 걸로 계약하면, 그날의 습도가 계약조건

에 충족할 경우 자동으로 보상이 진행된다. 셋째, P2P 보험으로 보험회사에 계약을 하는 것이 아니라 같은 위험요인을 가진 사람들이 모여서 스스로 손실을 분담하는 방식으로 보험회사에 지불하는 중개비를 절약할 수 있고 투명성과 신뢰성이 담보되는 장점이 있다. 그러나 관리가 잘 되지 않을 수 있고 지급 불능 시 대책이 없다는 단점이 있다.

보험연구원(2018)은 ‘보험 산업의 블록체인 활용’ 보고서에서 현재 블록체인 성공 사례로 소개되는 프로젝트는 대부분 개념 증명(PoC)¹⁾ 단계이므로 블록체인을 충분히 이해한 후 도입하는 것이 적절해 보인다고 밝히며 상업적인 성공 사례는 2~3년은 기다려야 할 것이라고 평가했다(김헌수, 권혁준, 2018).

의료보험 간편 가입, 청구 및 심사에 블록체인 기술을 활발히 활용하기 위해서는 두 가지가 선행되어야 한다.

첫째, 용어가 표준화되어야 한다. 질병코드, 검사코드, 수술코드 등 병원과 보험회사의 시스템 간 용어의 이해가 동일해야 사람이 개입하지 않는 자동화된 블록체인 시스템 구현이 가능하다.

둘째, 의료보험 회사들의 블록체인 플랫폼이 동일하거나 서로 호환되어야 한다. 하나의 신용카드 단말기로 모든 카드가 인식되듯이 하나의 프로그램으로 다양한 의료보험 회사의 시스템이 연동되어야 활용도가 올라갈 것이며 병원에서 의료보험 회사별로 개별 시스템을 따로 설치해야 한다면 전반적으로 보편화되기는 쉽지 않을 것으로 예상된다.

2.3 보건의료분야 암호화폐

2.3.1 의료전문가의 인터넷 상담

1) 개념증명(Proof of Concept, PoC) : 특정한 방법론이나 아이디어를 실전에 적용했을 경우 이론과 동일하게 구현되는지 검증하는 실행가능성 증명

블록체인은 창작물에 대한 저작권이나 소유권에 대한 보상을 투명하게 받을 수 있는 시스템을 구현할 수 있다. 그 예가 ‘스팀잇(Steemit)’이다. 스팀잇은 블록체인 기반의 SNS(Social Network Services)라고 보면 되는데 참여자가 글을 올린 뒤 사람들의 반응에 따라 보상을 암호화폐로 받는 구조이다. 참여자가 글을 올리면 구독자는 글을 보고 좋은 글일 경우 ‘추천’이나 ‘좋아요’에 해당하는 보팅(Voting)을 누르게 된다. 보팅이 많은 글을 쓴 참여자는 그만큼 많은 보상을 받게 되어 참여자로 하여금 더 좋은 글을 쓰도록 격려하게 되는 시스템이다.

보건의료분야에서도 이와 같은 시스템 도입이 가능하다. 의료나 건강과 관련된 도움이 될 만한 글을 올리거나 의료상담 질문에 답변을 작성하여 사람들로 부터 호응을 얻은 만큼 암호화폐를 받을 수 있다. 이 경우 답변을 작성하는 의료인은 면허를 인증하고 전공과 소속을 밝힘으로써 암호화폐로 인한 보상뿐만 아니라 인지도를 높이고 병원을 홍보하는 효과를 거둘 수 있다. 이는 현재 포털 사이트 네이버에서 운영하여 활성화된 지식IN 기능과 유사해보이지만 블록체인 기반 SNS에서는 암호화폐가 보상으로 제공되기 때문에 더 현실적인 시스템 구현이 가능하다. 공개적인 질문에 대한 답변은 호응도에 따라 암호화폐를 부여할 수도 있지만, 일정한 금액의 암호화폐를 제시하고 특정 분야를 전공한 의사만 조회할 수 있도록 설정할 수 있다. 필요한 경우 질문자의 의료 정보를 공개하면 그를 바탕으로 한 전문가의 실제적인 조언을 얻을 수도 있다. 이는 한정된 정보와 주관적인 증상에 대한 상투적인 답변이 아닌 근거를 바탕으로 한 과학적이고 전문적인 답변이 가능하게 한다. 의사는 본인이 생각한 최선의 치료방법을 제시하고 환자는 제시된 다양한 치료방법(약물치료, 수술, 방사선치료, 물리치료, 임상시험 참여 등)과 치료과정에 대한 설명을 참고하여 진료 받고 싶은 의사와 병원을 선택할 수 있다. 특히, 미용이나 성형과 관련된 비급여 진료의 경우 이와 같은 기능이 활성화될 수 있다. 동일한 증상에 따른 치료방법이 다양할 수 있고 금액이 천차만별이므로 의사별로 추천할 만한 치료방법과 과정, 그리고 예상금액까지 제시함으로써 실제로 도움

되는 정보를 통해 의사를 선택하고 실제 진료로 이어지도록 하는 홍보 효과를 기대할 수 있다.

암호화폐 보상을 기반으로 한 의료전문가의 인터넷 상담에 블록체인 기술을 활용하기 위해서는 암호화폐의 가치가 안정적이어야 한다. 암호화폐가 지금처럼 급격한 등락을 거듭할 경우 암호화폐는 신뢰할 수 있는 화폐로서의 기능보다는 투기의 대상으로 인식될 위험이 있다.

2.3.2 외국인 원격진료

우리나라는 ‘원격진료’를 금지하고 있다. 대신 ‘원격의료’는 일부 시행하고 있는데 관련 내용은 의료법에 명시되어 있다.

※ 의료법 제34조(원격의료)에서 발췌

① 의료인(의료업에 종사하는 의사·치과의사·한의사만 해당한다)은 컴퓨터·화상통신 등 정보통신기술을 활용하여 먼 곳에 있는 의료인에게 의료지식이나 기술을 지원하는 원격의료를 할 수 있다.

현재 우리나라의 의료법에 의하면 의료인이 직접 환자를 원격으로(컴퓨터나 모바일 등 인터넷을 통해) 진료하는 것은 금지되어 있다. 허용되는 ‘원격의료’란 의료인이 먼 곳에 있는 의료인을 지원해주는 것이다. 오지나 산간지방에 있는 병원이나 규모가 작은 개인병원에서 더 전문적인 능력이나 지식을 갖춘 의료인에게 원격으로 자문을 구하는 것이 가능하다는 것이다. 여러 가지 우려가 있지만 실제로 높은 영향력을 발휘할 수 있는 것은 의사가 직접 환자를 진료할 수 있는 ‘원격진료’이다. 원격진료가 허용될 경우 국내에서도 블록체인을 비롯하여 다양한 의료서비스 구축을 고려해볼 수 있으나 현재는 법적으로 불가능하다. 현재 가능한 것은 외국인을 대상으로 한 해외 원격진료의

활용가능성을 타진해보는 것이다. 우리나라는 세계적인 의료 수준을 보유하고 있으며 시스템 및 IT 인프라 구축이 잘 되어있는 나라이다. 이에 따라 외국에서 우리나라에 의료서비스를 받으러 오는 횟수가 늘고 있다. 중요한 수술이나 치료를 마치고 나면 이들은 본국으로 돌아가게 되는데 그 나라에서는 우리나라에서와 같은 수준의 케어를 받기가 쉽지 않기 때문에 이 분야에 블록체인 기술의 활용을 고려해볼만 하다.

블록체인을 활용하여 암호화폐로 진료비를 결제할 경우 신속하고 저렴하게 결제할 수 있다는 장점이 있다. 고가의 환전 수수료나 중앙은행의 이체 처리 수수료 대신 저렴한 수수료로 신속하게 국제 송금을 할 수 있다는 것이 암호화폐의 장점이다. 미국 스타트업 빔(VEEM)은 이 특징을 이용해 국제 송금 서비스를 제공하고 있다. 처리 과정은 웹사이트에 투명하게 공개되며 송금 수수료는 1%대로 시중은행의 1/5에 불과하다(김열매, 2018).

원격진료 후 암호화폐로 진료비 결제하는 것에 블록체인 기술을 활용하기 위해서는 두 가지 문제가 해소되어야 한다.

첫째, 암호화폐의 가치가 안정적이어서 화폐로서 기능할 수 있어야 한다.

둘째, 원격진료가 합법화되어야 한다. 그렇게 되면 외국인만을 대상으로 하는 것이 아니라 국내·외의 모든 사람들을 대상으로 원격진료가 가능해진다. 물론 우리나라의 모든 사람들이 원격진료가 필요하진 않다. 도서 지역이나 주변에 종합병원이 없는 산간지역의 거주민, 그리고 거동이 불편한 노약자 등이 원격진료의 대상이 될 수 있을 것으로 보이며 그에 대한 보험료산정 부분은 추후 논의가 필요하다.

2.3.3 비영리적 자금조달 방안

블록체인은 비트코인으로 인해 세상에 알려지게 되었다. 블록체인은 비트코인과 별도로 기술 자체의 활용도가 높아 다양한 분야에서 접목을 꾀하고 있지

만 자본주의 체계에서 블록체인이 가진 토큰 이코노미의 활용가치를 무시할 수는 없다. 물론 의료분야는 공공성이 중요하여 개인의 이익추구에 한계가 존재하는 분야라는 특수성이 있지만 단순히 토큰 이코노미가 개개인의 이익을 추구하기 위한 목적으로만 활용되지는 않으며 의료분야의 특수성을 고려한 활용 방안도 얼마든지 고안 가능하다.

클라우드 펀딩(Crowd funding)은 자금을 필요로 하는 수요자가 온라인 플랫폼 등을 통해 불특정 다수의 대중에게 자금을 모으는 방식이다. 클라우드 펀딩은 군중을 뜻하는 클라우드(Crowd)와 재원을 뜻하는 펀딩(Funding)이 합쳐진 말로 개인이나 기업, 단체가 여러 사람에게서 자금을 마련하는 것을 뜻한다.

이는 형태에 따라 후원형, 기부형, 대출형, 지분투자형(증권형)으로 나뉜다. p mg 지식엔진연구소의 시사상식사전에 따르면 후원형은 대중의 후원으로 목표 금액을 달성하면 프로젝트가 성공하는 방식으로, 영화나 음반, 책, 공연 등을 위한 자금을 마련하는 것에 많이 활용되고 있다. 기부형은 보상 없이 순수한 기부를 목적으로 지원해주는 방식이다. 대출형은 개인과 개인 사이에서 이뤄지는 개인 간 직거래 금융으로 소액 대출을 통해 개인 혹은 개인사업자가 자금을 지원받고 만기에 원금과 이자를 상환해 주는 방식이다. 지분투자형(증권형)은 이윤창출을 목적으로 비상장 주식이나 채권에 투자하는 형태로 투자자는 주식이나 채권 등의 증권으로 보상을 받는다.

세계 최초의 클라우드 펀딩은 2005년 영국에서 시작된 대출형 클라우드 펀딩 업체인 조파닷컴(zopa.com)이었으며, 우리나라의 경우는 2011년 후원형, 기부형, 대출형 클라우드 펀딩을 시작으로 2016년에는 증권형까지 도입되었다.

제도권 금융기관은 대출 시 절차가 까다롭고 복잡하기 때문에 대신 자금을 보유한 개인에게 대출을 받을 수 있는 방법이다. 또한 창업하는 회사나 중소기업, 혹은 자본시장 이용이 어려웠던 사회적기업도 원활하게 자금을 조달할 수 있는 제도이다. 우리나라의 경우 금융위원회가 가이드라인을 제정하고 있

으며 2015년 국회 본회의에서 클라우드 펀딩을 허용하는 개정안인 「자본시장과 금융투자업에 관한 법률」이 통과되어 2016년 1월부터 시행되고 있다.

이런 클라우드 펀딩과 블록체인은 불가분의 관계에 있는데 블록체인 플랫폼에 클라우드 펀딩의 채권 거래 내역을 연동시켜 채권발생장부를 투명하게 관리할 수 있기 때문이다. 프랑스의 경우 이를 활용하여 2016년 ‘금융거래 인증용 분산형 전자거래 장부’라는 블록체인 특별법을 제정하기도 하였다.

클라우드 펀딩은 블록체인의 가상화폐공개(이하 “ICO”라고 한다.)와 닮아있다. 아이디어나 미래를 보고 투자하고 나중에 결과물이 나오면 미리 정한 규칙에 따라 참여자들에게 보상을 배분한다.

그러나 우리나라에서 병원은 비영리로 운영되고 있으며 공공성이 중요한 분야라는 특성상 기부의 형태가 아니면 일반 회사처럼 클라우드 펀딩이나 ICO를 적용하기는 현실적으로 불가능하다. 창업 전 종합병원과 2차 의료기관인 개인병원을 대상으로 세금 관련 컨설팅을 하고 있는 메디트러스트¹⁾ 김홍 대표는 의료분야에 ICO를 적용할 수 있는 새로운 견해를 가지고 있다. 보통 ICO는 블록체인 플랫폼을 개발하는 스타트업에 대한 투자의 개념으로 많이 활용된다. 그러나 메디트러스트는 의료분야의 특성을 고려하여 의사 한명이 인수할 수 없는 큰 규모의 병원을 ICO를 통해 다수의 참여자로부터 자금을 조달받아 병원을 인수하여 운영할 수 있는 가능성을 제시한다. 병원의 진료 수익을 배분하는 것은 현실적으로 불가능하니 병원의 운영이 활발해지는 만큼 부동산 가격도 상승할 것이라 예상하고 그 수익을 배분하는 구조이다.

의료분야의 특성상 제대로 된 ICO를 적용하기엔 사회문화적, 제도적으로 불가능하거나 의료의 공익에 비해 그 가치가 떨어진다고 하더라도 기부형 클라우드 펀딩이나 특정 목적의 비영리 병원 설립을 위한 ICO의 경우는 고려해볼 만한 가치가 있다. 이 경우 블록체인 기술을 이윤창출을 위한 도구로 활용하

1) <http://meditrust.io/>

기보다는 투명한 사용내역을 제공하는데 이용함으로써 기부금이 어떻게 적립되고 사용되는지 조회할 수 있다. 기부금이 어떻게 활용되는지에 대한 불신 때문에 기부사업에 대해 부정적인 시각을 갖고 있는 경우가 많은데 실제 기부금을 적절히 사용하지 않은 사례가 종종 기사화되어 사회적 비난을 받기도 한다. 특히 보건의료분야에서는 국내외로 다양하게 비영리 의료지원을 하고 있기 때문에 신뢰를 담보로 한다면 다양한 비영리 의료사업에 대한 기부가 활성화될 것으로 예상된다.

< 표 11 > 의료분야에 토큰 이코노미 적용 가능성

ICO, 클라우드펀딩, 암호화폐	최빈값	중위수	평균	표준편차
ICO를 통해 자금을 마련해서 의료분야에 블록체인 사업을 다양하게 확장하는 것에 전망이 있다고 보는가?	4	3	3.16	1.2
ICO나 클라우드 펀딩을 통해 자금을 마련해서 의료기관을 설립하는 것에 가능성이 있다고 보는가?	2	2.5	2.79	1.14
암호화폐 같은 보상시스템을 갖추지 않고 블록체인을 활용한 의료시스템 구축이 가능하다고 보는가?	5	4	3.5	1.29

의료분야에 ICO, 클라우드 펀딩 등을 통한 토큰 이코노미 적용 가능성에 대해 설문한 결과 ICO를 통해 자금을 마련해서 의료분야에 블록체인 사업을 다양하게 확장하는 것의 가능성에 대해 평균은 5점 만점에 3.16점(표준편차 1.2), 최빈값은 4점, 중위수는 3점으로 나와 연구대상자들이 다소 긍정적으로 보는 경향이 있음을 알 수 있었다.

ICO나 클라우드 펀딩을 통해 자금을 마련해서 의료기관을 설립하는 것의 가능성에 대해서는 평균 5점 만점에 2.79점(표준편차 1.14), 최빈값은 2점, 중위수는 2.5점으로 나와 연구대상자들이 다소 부정적으로 보는 경향이 있음을 알 수 있었다.

암호화폐 같은 보상시스템을 갖추지 않고 블록체인을 활용한 의료시스템 구축의 가능성에 대해서는 평균 5점 만점에 3.5점(표준편차 1.29), 최빈값은 5점, 중위수는 4점으로 나와 연구대상자들이 긍정적인 견해를 가지고 있음을 알 수 있었다.

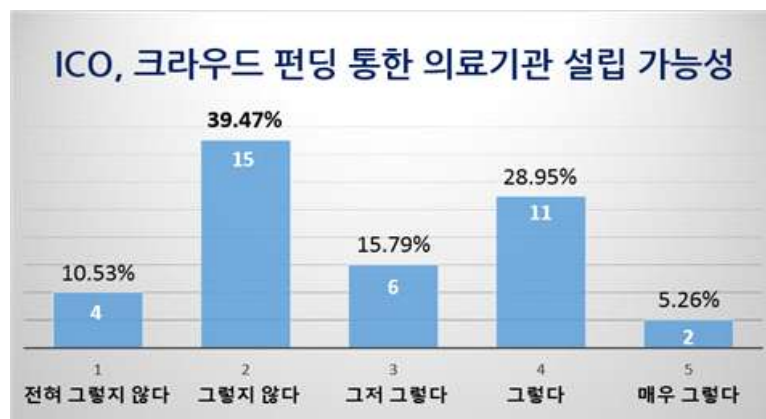
< 그림 7 > ICO 통한 의료분야 블록체인 사업 확장 가능성



하나씩 살펴보면, ICO를 통해 자금을 마련해서 의료분야에 블록체인 사업을 다양하게 확장하는 것에 대한 가능성을 묻는 질문에 평균은 5점 만점에 3.16점이 나왔다. ICO를 통한 의료분야 블록체인 사업 확장 가능성에 대한 질문에 대한 가장 많은 응답은 ‘그렇다’로 12명이 응답했으며 이는 전체 연구대상자의 31.58%를 차지한다. 부정적으로 응답한 13명(34.21%)에 비해 긍정적으로 응답한 17명(44.74%)의 수가 더 많았다. ‘그렇지 않다’와 ‘그렇다’사이의 이분형 분포가 관찰되고 ‘그저 그렇다’의 응답 수도 높아 연구대상자 사이에서도 견해가 한 방향으로 명확하게 일치하는 양상이 보이지 않았다.

ICO나 클라우드 펀딩을 통해 자금을 마련해서 의료기관을 설립하는 것에 대한 가능성을 묻는 질문에 평균 5점 만점에 2.79점이 나왔다.

< 그림 8 > ICO, 클라우드 펀딩을 통한 의료기관 설립 가능성



가장 많은 응답은 ‘그렇지 않다’로 15명이 응답했으며 이는 전체 연구대상자의 39.47%를 차지한다. 부정적으로 응답한 19명(50%)이 긍정적으로 응답한 13명(34.21%)의 수보다 더 많았다. ‘그렇지 않다’와 ‘그렇다’사이의 이분형 분포가 관찰되어 견해가 정반대로 갈라지는 양상을 보였지만 전반적으로는 부정적으로 바라보는 시각이 좀 더 많았다.

< 그림 9 > 암호화폐 없는 의료분야 블록체인 구축 가능성



암호화폐 같은 보상시스템을 갖추지 않고 블록체인을 활용한 의료시스템 구축이 가능하다고 보는지에 대한 질문에는 평균 5점 만점에 3.5점이 나왔다. 가

장 많은 응답은 ‘매우 그렇다’로 11명이 응답했으며 이는 전체 연구대상자의 28.95%를 차지한다. 부정적으로 응답한 11명(28.94%)에 비해 긍정적으로 응답한 21명(55.27%)의 수가 2배 정도 많았다. 부정적으로 보는 견해도 일부 있었지만 과반수이상의 연구대상자는 암호화폐 없는 의료분야의 블록체인 구축 가능성에 대해 어느 정도 긍정적으로 바라보고 있음을 알 수 있었다.

퍼블릭 블록체인은 자발적인 참여를 전제로 하기 때문에 참여자에게 부여할 인센티브로 암호화폐가 필수적이다. 거래 검증 역할을 하는 노드(node), 즉 참여자는 본인의 컴퓨터를 분산된 하나의 서버로 제공하게 되어 작업 검증 시 전기요금이 발생하기 때문이다. 암호화폐가 없는 퍼블릭 블록체인을 설계하는 것은 기술적으로 가능하나 아무런 보상 없이 본인의 컴퓨터를 사용하게 하고 전기요금을 지불하게 하는 것은 현실적으로 어렵다.

우리나라에 암호화폐 투자열풍이 불면서 통제가 어려운 암호화폐에 대해 강력히 규제하거나 금지해야 한다는 주장과 암호화폐와 블록체인은 분리할 수 없으며 4차 산업혁명 시대에 산업을 활성화하기 위해서는 규제하는 것만이 능사는 아니라는 주장이 맞서고 있다.

의료분야는 다른 분야와 다르게 이윤추구보다 공공성이 더 강조되는 분야이므로 일반적인 자본주의 법칙을 벗어나는 방향으로도 충분히 적용가능성이 있다. 따라서 특정한 법칙에 얽매이지 않고 의료분야만을 위한 특별한 형태의 블록체인을 고안해 볼 수 있을 것으로 보인다.

보건의료분야의 비영리성을 고려하여 블록체인/암호화폐를 활용한 자금조달이 가능하기 위해서는 두 가지 문제가 해소되어야 한다.

첫째, 암호화폐의 가치가 안정적이어서 화폐로서 기능할 수 있어야 한다.

둘째, 암호화폐가 다방면으로 사용이 가능해야 한다. 암호화폐를 사용할 수 있는 곳이 많아져야 신뢰할 수 있는 투명한 사용내역을 기록으로 남길 수 있게 된다.

3. 공공부문의 활용방안

의료분야는 공익의 성질을 강하게 띤 분야로 우리나라 국민은 누구나 전 국민 건강보험제도의 영향 하에 있으며, 국가는 정책을 통해 보편적인 의료서비스의 수준을 조율한다. 대한민국헌법 36조 3항에는 “모든 국민은 보건에 관하여 국가의 보호를 받는다.”라고 규정하고 있다. 즉, 보건권은 국가가 마땅히 보장해야할 의무를 지닌 국민의 기본권이다.

블록체인 기술을 공공부문에서 활용할 수 있는 방안에는 병원 간 의료정보의 공유와 전자 처방전, 의약품 관리 및 전자 건강보험증, 그리고 임상시험의 결과 조작 방지 등이 있다.

< 표 12 > 의료 블록체인 활용방안의 적합성 평가(공공부문)

* 개별응답 가능

의료 세부분야에 블록체인 기술 활용 방안	명수(명)	백분율(%)
의료정보 병원 간 공유	32	84.21
전자 처방전 발행	21	55.26
의약품의 품질 관리 및 고위험 의약품의 투명한 사용 관리	17	44.74
개인의 건강보험 정보 및 진료내역 관리(전자 건강보험증)	16	42.11
인간을 대상으로 한 임상시험의 결과 조작 방지	16	42.11

의료분야의 블록체인 기술을 공공부문에서 활용할 수 있는 방안에 대해 개별적으로 적합성 평가를 시행한 결과 ‘의료정보 병원 간 공유’방안은 전체 38명 중 32명(84.21%)이 적합하다고 응답했고, ‘전자 처방전 발행’방안은 전체 38명 중 21명(55.26%)이 적합하다고 평가했다. 또한 ‘의약품의 품질 관리 및 고위험 의약품의 투명한 사용 관리’방안은 전체 38명 중 17명(44.74%)이 적합하다고 답했으며, ‘개인이 생산해내는 건강정보(디바이스 이용 등)의 가치부여 및 활용’방안은 전체 38명 중 17명(44.74%)이 적합하다고 평가했다. ‘인간을 대상

으로 한 임상시험의 결과 조작 방지'방안에 대해서는 전체 38명 중 16명(42.1%)이 적합하다고 응답했다.

3.1 클라우드(Cloud)를 이용한 의료정보 공유

의료분야는 블록체인 기술을 적용하기에 효용성이 높은 분야이다. 민감한 의료정보를 안전하게 관리할 수 있고 적절하게 활용할 수 있게 된다면 지금보다 훨씬 편리하고 질 높은 의료서비스를 기대할 수 있을 것이라 예상되며 이러한 전망을 실현 가능하게 해주는 기술이 바로 블록체인이다.

3.1.1 병원 간 공유

병원 간 의료정보를 공유하는 것에 대한 필요성은 이미 예전부터 계속 제기되어 왔다. 현재 병원중심의 의료시스템에서는 병원에서 발생한 환자의 의료정보는 해당 병원에서 독점적으로 보유한다. 각 병원들은 저마다의 전산시스템을 개발하거나 선택해서 활용하고 있고 다른 전산시스템과의 데이터 호환은 어려운 상태다. 이는 이해충돌에 대한 부분은 차치하더라도 환자의 의료정보가 해당 의료기관 밖으로 쉽게 공유될 수 없는 엄격한 정보보호 법률 탓이며, 동시에 각 전산시스템이 상이하여 호환성이 부족하기 때문이다. 또한 의료정보에 대한 표준화작업이 되지 않아 타기관의 기록내용을 해독하기 어렵기 때문이기도 하다.

이러한 여러 가지 이유로 인해 환자는 타병원에서 진료를 보기 위해 기존 병원에 먼저 방문해서 진단서, 소견서, 검사결과지, 경과기록지 등의 의무기록사본과 CT, MRI 등의 영상검사를 담은 CD를 일정한 금액의 수수료를 지불하고 발급받아야 한다. 제증명 서류의 발급수수료는 비급여이며 금액은 보건복지부 고시에 따른다. 진단서는 20,000원, 입퇴원확인서는 3,000원, 진료기록영상 CD는 10,000원, 용량이 더 큰 영상검사를 위한 DVD는 20,000원 등으로

규정되어 있다. 이런 서류를 환자가 직접 발급받아 가야 한다는 것은 번거로울 뿐만 아니라 진료 받은 내역이 많거나 자주 발급받아야 하는 경우 적지 않은 금액을 의무기록 발급수수료로 지불해야 한다는 문제점이 있다.

또한 응급상황이 발생했을 경우에 환자의 타병원에서의 진료이력을 확인할 수 있는 방법이 없어 환자나 보호자의 부정확한 설명에 의존해야 하며 보호자가 없는 환자가 의식 없이 응급상황을 맞이한 경우 의료인은 필요한 정보를 얻지 못해 귀중한 치료의 골든타임을 놓치게 되기도 한다.

이런 문제로 인해 정부에서도 진료정보교류사업 등을 통해 그 대책을 다방면으로 강구하고 있는 상태이며, 보안성과 활용성을 두루 갖춘 블록체인 기술이 그 문제에 대한 새로운 해결방안으로 떠오르고 있다. 정밀의료 병원정보 시스템(P-HIS)은 블록체인 기술을 이용한 국가전략 프로젝트로 고려대학교 의과대학을 주관으로 개발을 진행하고 있다. 이 기술은 의료 데이터 접근 권한 통합 관리, 과금 체계 기반 구축, 공인인증서 대체 등에 활용될 예정이다(과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원, 2018). 세계 여러 유수의 기업들 또한 의료정보와 블록체인을 접목하기 위해 노력하고 있으며, IBM 왓슨헬스는 미국 질병관리예방센터와 협력하여 병원들이 보유한 의료정보를 블록체인 네트워크에 저장하는 방안을 고안중이다.

블록체인을 이용하여 의료정보를 공유할 때 유념해야 되는 것은 서로 다른 블록체인 플랫폼 간 호환이 안 된다는 것이다. 이는 현재 의료시스템의 문제와 유사한데 서로 다른 전산시스템 간 자료의 호환이 되지 않는 것처럼 블록체인도 서로 다른 플랫폼을 기반으로 생성된 프로그램은 서로 호환이 되지 않는 문제가 있다. 따라서 서로 다른 시스템 간 데이터 호환방법을 찾거나 의료분야의 플랫폼이나 개발의 표준을 하나로 규정해서 처음부터 동일한 플랫폼을 통해 표준화된 형식의 데이터가 기록되고 교환될 수 있도록 가이드라인을 제공하는 것이 필요하다.

블록체인은 특성상 모든 내역이 블록에 기록되고 모든 참여자가 복사본을 갖게 되며 누구든지 그 내역을 조회할 수 있다. 이는 거래의 투명성과 추적가능성을 보장해주는 블록체인의 중요한 특징인데 의료분야에 이대로 적용하는 것은 민감한 의료정보의 특성상 불가능하다. 블록체인에 한번 올리면 비가역적으로 저장되기 때문에 원본을 블록에 저장하면 오히려 보안에 치명적인 문제가 발생할 수도 있다. 또한 의료 데이터는 그 양이 방대하고 매우 복잡한 구조로 되어있다. 모든 의료정보를 다 블록에 올려 분산 저장하는 데는 현실적인 한계가 있다. 따라서 이러한 기술적인 문제를 해결하기 위해 데이터 레이크(Data lake)와 같은 개념이 등장했는데 블록에 정보를 기록하는 온체인 데이터(On-chain data)와 인덱스 정보만을 블록에 기록하는 오프체인 데이터(Off-chain data)로 구분하여 저장함으로써 정보 유출을 방지하는 것이다(한현욱, 2018; 유형원 외, 2018). 따라서 의료정보를 블록체인과 연계하기 위해서는 특성상 클라우드와의 접목을 고려해야 한다.

국민의 의료정보를 저장하는 클라우드는 국가에서 직접 지정하고 관리해야 한다. 클라우드를 이용해서 의료정보를 저장하는 방안에는 크게 세 가지가 있을 수 있다. 첫째, 전체 의료정보를 모두 하나의 국가 클라우드에 저장한다. 둘째, 영상정보 등 용량이 큰 의료정보만 국가 클라우드에 저장하고 나머지 의료정보는 환자가 파일로 보관 및 관리한다. 셋째, 개인별로 구분된 국가 클라우드에 개인의 모든 의료정보 및 건강정보를 저장한다.

먼저 전체 의료정보를 모두 하나의 클라우드에 저장할 수 있다. 모든 의료정보는 데이터가 생성되는 의료기관과 국가 클라우드에 이중화되어 저장된다. 만약 4차 산업혁명위원회가 발표한대로 ‘익명정보’, ‘가명정보’, ‘개인정보’로 정보를 구분하여 정의하고 ‘익명정보’인 경우 당사자의 동의 없이도 활용이 가능하게 된다면 의료 빅데이터의 활용도가 가장 높을 수 있는 방법이다.

연구 분야의 경우 의료정보의 항목 조합별로 어떤 정보에 해당하는지 사전에

구분해서 저장하면 연구자는 국가 클라우드가 제공하는 API(Application Program Interface)¹⁾를 통해 원하는 항목조합을 선택하고 조건을 입력해서 검색하면 ‘익명정보’ 조합인 경우 바로 의료 빅데이터 획득이 가능하게 된다. ‘가명정보’나 ‘개인정보’ 등 대상자의 동의가 필요한 경우 동의획득 프로세스가 진행되며 연구동의 시 개인은 나라에서 지정한 정보제공 보상금을 암호화폐로 받을 수 있다. 정보를 제공받는 사업체²⁾는 일정한 금액을 지불해야 하며 이는 국가의 의료정보 클라우드를 운영하는 비용으로 사용된다. 보상금으로 받은 암호화폐는 현금화가 불가하며 국가에서 제공하는 건강증진 서비스나 추가 건강검진 검사, 혹은 건강보험료 경감 등 의료서비스를 소비하는데 사용된다. 국가는 국민의 특정 건강행위를 강화하기 위해 정책적으로 스마트계약을 통해 암호화폐를 보상으로 제공할 수 있으며, 이렇게 환자로부터 수집된 건강정보는 국가 클라우드에 저장된다.

응급상황을 대비하여 환자는 본인 명의의 핸드폰을 본인의 의료정보 클라우드와 연계되도록 설정할 수 있다. 응급상황 시 의료인은 환자의 핸드폰에 미리 국가시스템에 등록해놓은 본인의 면허번호와 지문 입력 혹은 얼굴 사진촬영 등을 통해 본인임을 입증하고 환자의 의료정보를 조회할 수 있다. 여기서 보여야하는 응급상황에 필요한 의료정보 항목은 추후 논의가 필요하다. 이렇게 의료정보를 조회한 경우 의료인의 정보와 조회시간이 기록에 남아 환자는 조회이력을 확인할 수 있다. 환자는 직접 본인의 클라우드로 접속해서 공개하고 싶지 않은 진료기록을 비공개로 설정할 수 있다.

병원에서는 의료인이 국가 클라우드 시스템에 접속해서 환자의 클라우드에 조회가 필요한 항목에 대한 승인을 요청할 수 있다. 그 경우 환자는 클라우드로 연계된 핸드폰으로 요청한 의료인의 정보와 사유를 확인하고 공개하고자하

1) API : 운영체제와 응용프로그램 사이의 통신에 사용되는 언어나 메시지 형식을 의미. 연구자는 국가 클라우드에 직접 들어가지 않아도 국가에서 제공하는 API 기능을 통해 편리하게 정보를 취득할 수 있게 됨.

2) 국민 전체의 의료정보가 포함되므로 의료 빅데이터를 받을 수 있는 사업체에 대한 조건은 논의가 필요할 것으로 보임.

는 항목에 한해 조회를 승인할 수 있으며 원할 경우 언제든지 승인을 철회하거나 조회 가능한 기간을 설정할 수 있다.

개인은 국가 클라우드를 통해 본인의 의무기록 일부를 파일로 내려 받을 수 있으며 이 경우 클라우드에는 발급한 자료에 대한 해시가 저장되고 연구기관이나 보험회사 등은 홈페이지에서 해당 자료의 해시 값으로 원본임을 확인할 수 있다.

단, 전 국민의 의료정보가 한군데에 모이기 때문에 클라우드 서버의 크기가 방대하고 관리의 어려움이 있을 수 있으며 해킹 등 만약의 사태가 발생 시 다량의 정보유출 가능성이 있을 수 있다.

혹은 의료정보를 지금처럼 해당 의료기관에 저장하되, 그 중 용량이 큰 영상검사는 국가 클라우드에 이중화해서 저장하도록 할 수 있다. 용량이 큰 영상검사는 환자가 개별적으로 저장하여 보관하거나 공유하기가 쉽지 않으므로 국가 클라우드에 저장하고 환자나 다른 의료기관에서 쉽게 접근할 수 있도록 관리할 수 있다. 그 외에 다른 의료정보는 병원에서 파일로 받아 환자가 직접 보관하고 원본 일치 여부는 발급한 병원의 홈페이지에 접속해서 병원에서 의무기록 사본 발급 시 저장해둔 해시코드와의 일치 여부를 확인하도록 할 수 있다. 영상검사 등 용량이 큰 의료정보를 국가 클라우드에 저장하고 보관과 취급이 용이한 의무기록만을 개인이 개별 관리함으로써 의료정보를 공유할 때의 편의성을 증진시킬 수 있다. 또한 원본 대조기능으로 인해 개인이 자신의 의료정보를 필요한 사업체에 제공하는 등의 다양한 활용이 가능해진다. 개인의 정보를 본인이 직접 관리하기 때문에 정보유출의 위험이 적고, 국가 클라우드에는 영상검사만 저장하기 때문에 클라우드의 관리가 복잡하지 않다.

단, 전체 의료정보가 한 곳에 모이지 않기 때문에 응급상황 시 긴급하게 환자의 진료기록 조회가 필요한 경우 국가적으로 조회할 수 있는 시스템을 구축하기 어렵고 의료 빅데이터나 연구를 위한 자료조회 및 취합에는 한계가 있다.

마지막으로 개인별로 국가가 제공하는 클라우드에 개별적으로 공간을 생성하여 저장하도록 할 수 있다. 환자의 모든 의료정보는 데이터를 생산한 의료기관과 개인의 클라우드에 이중화되어 저장된다. 이 경우 모든 개인의 클라우드는 서로 물리적으로 독립되어 있기 때문에 보안에 강점이 있다. 또한 개인의 성향에 따라 여러 가지 스마트계약이나 건강관련 앱과 자유로이 연동하는 등의 다양한 활용이 가능하다. 환자의 의료정보를 조회하고자 하는 의료기관이나 연구소, 사업체는 국가 클라우드에서 해당되는 개인에게 개별적으로 정보제공을 요청하여 승인을 취득 후 정보를 조회할 수 있고 개인이 직접 원하는 정보의 항목을 선택해서 발췌한 파일을 생성한 뒤 해시코드와 함께 전송할 수도 있다. 클라우드에서 해당 파일의 원본 여부 검증이 가능하다. 이 경우에도 국가적 건강증진사업의 일환으로 스마트계약을 진행하고 목표 달성 시 암호화폐를 제공하거나 연구를 위한 정보제공에 동의한 경우 암호화폐로 보상하는 등의 다양한 활용방안을 모색해볼 수 있으나 각각의 클라우드 공간이 분리되어 있어 전체 데이터를 조건에 따라 검색하여 의료 빅데이터로 생성하거나 다양한 연구에 활용하는 것에는 한계가 있을 수 있다.

의료정보를 클라우드와 같이 한 곳에 저장하는데 있어서 중요하게 고려해야 하는 점은 안전하게 보관되어야 하고, 개인의 사생활을 보호할 수 있어야 하며, 응급상황 시나 타 병원 진료 등 환자의 의료정보를 확인해야 되는 상황에서 필요한 의료정보를 확인할 수 있어야 한다는 것이다. 또한 필요시 특정 조건을 기준으로 그 조건에 해당하는 환자의 정보를 취합할 수 있는 기능이 구현되면 활용도가 높아진다. 자신의 의료정보가 한 곳에 모이게 된다는 사실을 알면 분명 그 활용가능성을 긍정적으로 보는 사람들이 있는 반면, 자신의 사생활이 강제로 노출되게 되는 것에 대한 강한 우려를 나타내는 사람들도 있을 것이다. 따라서 개인이 타 병원의 의료진을 포함해서 누구에게도 밝히고 싶지 않은 감염관련, 성생활관련, 성형관련 등의 진료기록은 국가의 블록체인에 기

록되지 않도록 선택하거나 인덱스 정보만 기록에 남기고 원본 진료기록은 국가 저장소에서 삭제하는 기능 등의 개인의 사생활 보호 방안을 함께 고안하여 이와 관련된 국민들의 우려를 해소시켜야 한다. 사생활 침해에 대한 국민들의 걱정이 사라져야 발전적인 방향으로의 논의를 함께 할 수 있을 것으로 보인다.

클라우드를 이용하여 의료정보를 공유하기 위해서는 네 가지 필요조건이 충족되어야 한다.

첫째, 대단위의 국가 클라우드 시스템 구축이 필요하다. 영상 정보까지 포함하려면 데이터센터의 서버가 대용량으로 구비되어야 하므로 그에 대한 예산과 설비가 필요할 것으로 보인다.

둘째, 각 병원의 전산시스템 간 정보를 호환하기 위해서는 용어의 표준화 작업이 필요하다.

셋째, 병원 간 의료정보를 공유하고 다양하게 활용하기 위해서는 엄격히 정보 이동이 제한되어있는 개인정보보호 법률이 개정되어야 한다. 현재 ‘식별정보’와 ‘비식별정보’로 구분되어 있는 개인정보를 ‘개인정보’, ‘가명정보’, ‘익명정보’로 구분하여 개인정보별 활용 가능한 범위와 당사자의 동의 방법에 대한 규정이 제시되어야 한다.

넷째, 개인의 요구에 따른 특정 정보의 삭제나 비공개 설정 등의 사생활 보호 기능이 함께 고려되어야 한다.

3.1.2 전자처방전

에스토니아는 2010년 전자처방전을 도입했다. 환자가 약국에서 자신을 증명할 수 있는 전자주민증을 제시하면 약국은 해당 정보를 조회하여 안전하게 보관된 신뢰할 수 있는 전자처방전을 확인하여 약을 조제한다(박용범, 2018). 전자처방전을 이용할 경우 종이처방전처럼 분실할 우려가 없으며 약국은 정확한

정보를 전달받을 수 있게 된다. 또한 전자처방전을 조회 시 이제까지 환자가 받은 모든 처방이력을 한 번에 확인할 수 있고 이를 통해 중복처방이나 약물 간의 상호작용, 그리고 약물의 오남용 여부 등을 확인할 수 있다. 이렇게 처방이력이 정확하게 전산으로 기록되고 익명처리되어 한데 모이면 빅데이터로써 국민의 의약품 처방현황 파악 및 건강증진을 위한 연구의 기초자료로 활용이 가능하다.

우리나라에서는 현재 병원에서 처방전을 종이로 받으면 환자가 직접 가지고 약국을 찾아가 종이처방전을 접수해야하고 약국에서는 그 내용을 바탕으로 조제를 해주고 있다. 일반적인 상황에서는 크게 어려움이 없지만 종이처방전을 분실했을 경우 문제가 복잡해진다. 이중 조제를 방지하기 위해 병원에서 다시 처방전을 발급하는 프로세스가 까다로울 뿐만 아니라 분실 시 개인정보 유출의 위험도 있다. 처방전에는 환자의 주민등록번호, 진단명 등 민감한 개인정보가 다수 포함되어있기 때문에 유출되지 않도록 주의를 기울여야 하나 종이처방전은 보안에 취약하다.

또한 환자가 종이처방전을 들고 직접 약국을 찾아갔는데 처방된 약이 해당 약국에 없어서 헛걸음을 하게 되는 경우가 종종 있다. 특히 병원 근처에 약국이 없거나 사정상 처방한 병원과 멀리 떨어진 약국에서 약을 조제 받아야 하는 경우 이러한 일이 자주 발생한다. 전자처방전을 도입하면 각자 약국에서 보유하고 있는 약품리스트를 등록하도록 하여 어떤 약국에서 해당 약품을 보유하고 있는지 사전에 확인하고 방문할 수 있다.

처방전을 단순히 전산화하는 것에서 그치지 않고 블록체인 기술을 접목해야 하는 것은 처방기록이 안전하고 정확하게 위·변조 없이 전달되고 저장되어야 하기 때문이며 동시에 누군가가 환자의 전자처방전을 조회한 경우 그 조회이력이 분명하게 남아 있어야 하기 때문이다. 환자가 원할 경우 자신의 처방내역을 조회한 사람들의 이력을 명백히 확인할 수 있어야 불필요한 개인정보의 유출 및 접근을 방지할 수 있다.

전자 처방전을 블록체인에 접목하여 활용하기 위해서는 먼저 병원 간 의료정보를 공유하고 여러 병원에서 처방된 약품의 오남용 및 중복처방, 타 병원 처방이력 등을 DUR¹⁾을 통해 검토하기 위해서는 엄격한 개인정보보호 법이 개정되어야 한다.

현재 DUR을 통해 진행되는 의약품의 안전성 검토는 처방 시 전산에 수기로 체크한 환자의 정보를 기반으로 하거나 의사가 의약품을 처방한 사유를 고르는 방식으로 진행하고 있는데 실제 처방하는 상황에서 시간 관계상 사유를 꼼꼼히 체크하지 못하는 경우가 많다. 결국 해당 환자에게 적합한 의약품 안전 정보를 제공하는데 어려움이 있는 것이다. 실제 의약품에 필요한 환자의 정보를 EMR(Electronic Medical Record)²⁾에서 직접 읽어서 해당 환자에 맞는 안전 정보를 제공해야 한다. 즉, 임신여부나 신장질환 여부, 나이나 배양검사 결과 등 의약품과 관련된 자료를 직접 확인해서 진료의가 처방 시 꼭 알아야 하는 필수정보만 제공한다면 짧은 시간에 훨씬 더 정확한 정보를 제공하여 의료의 질은 높일 수 있을 것이다. 또한 다양한 연구를 위해 활용 가능한 데이터의 범위를 규정하여 의약품 처방 정보를 빅데이터화할 수 있도록 규제를 완화해야 한다.

3.2 의약품의 품질 및 사용 관리

과학기술정보통신부와 농림축산식품부는 ‘축산물 이력제’에 블록체인 기술을 접목하여 소고기 이력을 관리하는 사업을 추진 중이다. 블록체인을 이용한 시스템에 소고기를 유통단계별로 실시간으로 신고하도록 되어있어 소비자는 투명한 이력확인을 통해 원산지에 대한 불신을 해소할 수 있게 된다. 이러한 시스템은 특히 유통과정이 복잡하거나 유통과정이 제품의 품질에 영향을 미치는

1) DUR(Drug Utilization Review) : 의약품 안전사용 서비스. 의사와 약사가 처방·조제 시 병용 금기, 동일성분 중복 등 의약품 안전성 관련 정보를 실시간으로 제공해 부적절한 약물 사용을 사전에 점검하여 예방하도록 하는 서비스

2) EMR(Electronic Medical Record) : 전자의무기록

모든 분야에 적용 가능하며, 월마트에서도 일부 품목에 이를 활용함으로써 투명한 유통과정을 통한 신뢰 구축을 꾀하고 있다. 블록체인 시스템을 통해 전체 단계별 이력관리가 가능하며 냉장식품 같이 특정 보관조건이 유지되어야 하는 품목의 경우 유통과정 동안 온도·습도·차광 등이 지정한 기준 범위 내에서 적절하게 유지되었는지를 시간대별로 기록하게 할 수 있다. 이는 유통경로에 대한 확인뿐만 아니라 유통과정 중에 제품의 품질이 적절하게 유지되었음을 보증하는 역할을 하게 된다.

이렇게 투명한 이력관리가 가능한 블록체인 기술을 의약품에 적용할 수 있는 세부 분야는 크게 세 가지이다. 첫째, 의약품이 정품인지 인증하는 정품인증 시스템, 둘째, 의약품 콜드체인 시스템, 셋째, 마약이나 향정신성의약품 등 고위험의약품의 사용 루트 추적 시스템이다.

3.2.1 의약품의 정품인증

블록체인 기술은 의약품의 정품인증에 활용될 수 있다. 위조약과 관련된 문제는 전 세계적으로 증가하고 있다. 크기와 모양, 색깔이 정품약과 유사한 위조 의약품에는 실제 약성분이 적게 함유되어있거나 심지어 아예 없기도 하다. 이렇게 용량이 부정확하거나 다른 성분이 포함되어있는 위조 의약품을 복용하는 것은 심각한 문제를 야기할 수 있다. 더욱이 최근 온라인을 통해 마약성진 통제를 포함하여 다양한 의약품의 거래가 가능해짐에 따라 그 위험이 점차 커지고 있다. 세계보건기구(World Health Organization, 이하 “WHO”라고 한다.)의 ‘가짜 의약품에 대한 글로벌 감시·모니터링 시스템(Global Surveillance and Monitoring System, 2017)’ 보고서에서 항 말라리아약이나 항생제에 대한 위조약이 가장 많이 보고되고 있으며 항암제부터 경구피임약에 이르기까지 다양한 종류의 위조약이 유통되고 있다고 밝혔다. 후진국에서 유통되는 의약품의 10개 중 1개 이상이 가짜이며 아프리카에서 유통되는 말라리아약의 60% 이상이 가짜라는 연구결과를 발표하기도 했다. 전 세계에서 위조 의약품을 복용하

고 사망하는 사람이 매년 100만 명에 이른다. 이미 2009년 인터폴 사무총장 로널드 노블(Ronald Noble)은 위조방지협회(Anti-Counterfeiting Conference)에서 위조 의약품으로 인한 사망자가 테러로 인한 사망자보다 훨씬 많아 위조 의약품이 테러보다 더 위험하다고 발표한 바 있다. 전 세계 위조 의약품 시장 규모는 2,000억 달러이며 현재 물류시스템을 블록체인 기반 시스템으로 대체하여 단계별 유통과정을 기록하면 투명하고 신뢰할 수 있는 의약품 유통시스템 구현이 가능하다(Gunjan Bhardwaj, 2018). 이에 따라 세계 여러 분야에서 의약품 유통과정에 블록체인 기술을 적용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

3.2.2 의약품 콜드체인 시스템

블록체인은 의약품 콜드체인(Cold chain) 시스템에 적용이 가능하다. 콜드체인 시스템은 원래 농산물 등의 식료품을 수확 및 생산시점에서부터 운송, 도매와 소매시장에서의 보관을 거쳐 소비자에게 도착하기까지 전 유통과정을 제품의 신선도 유지에 적합한 온도로 관리하여 신선한 상태 그대로 소비자에게 공급하기 위한 유통체계로 신선도유지, 출하조절, 안정성확보 등을 위해 중요한 시스템이다. 의약품은 식료품보다 더 엄격한 개별적인 보관기준을 가지고 있으며 이 조건을 유지하는 것이 사람의 생명과 직결되기 때문에 더 중요하게 관리되어야 할 필요가 있다.

콜드체인 시스템 도입은 의약품의 품질 유지를 위해 중요한데 블록체인을 접목하면 이동현황을 투명하게 확인할 수 있게 되고 온도나 습도 등의 측정치가 지정한 범위를 벗어날 경우 자동으로 블록체인에 기록되도록 함으로써 의약품의 품질을 적정하게 유지할 수 있는 시스템을 생성할 수 있다. 이런 투명하고 신뢰할 수 있는 시스템을 통해 유통된 높은 품질의 정품 의약품은 특히 수출·수입 시 의약품의 가치를 입증해 줄 수 있다.

메디레저(MediLedger)는 약품의 생산부터 공급까지 유통 전 과정을 블록체

인에 올려 의약품을 관리하는 의약품 공급 프로젝트이다. 의약품 제조사가 제품에 시리얼 번호를 부착해 각 의약품마다 고유의 ID를 부여함으로써 정품약이란 것을 입증할 수 있게 한다.

3.2.3 고위험의약품 사용관리

고위험의약품 루트 추적 시스템에 블록체인을 활용할 수 있다. 루트를 추적하여 관리할만한 고위험의약품으로는 최근 또다시 사회적 문제로 불거지고 있는 마약·향정신성의약품이나 시판된 신규 의약품이나 부작용 보고 건수가 증가하여 관리가 필요한 의약품, 혹은 고가의 희귀의약품 등이 있다. 특히 마약류(마약·향정신성의약품)는 예전부터 특별히 중요하게 관리했음에도 불구하고 오남용이나 불법유통 사례가 계속 보도되어왔다.

2019년 4월 1일부터는 마약류취급자는 모든 마약류의 취급내역을 의무적으로 마약류통합관리시스템을 통해 보고해야 한다. 그러나 현재 상태로는 아무리 마약관리시스템을 강화한다고 하더라도 허점이 존재할 수밖에 없다.

모든 마약류는 1개 포장 단위로 개별 관리해야 한다. 현재 많은 마약류가 박스단위로 관리하고 있기 때문에 입출의 개수를 맞추는 것에 중점을 두는 경향이 있다. 개별 의약품에 RFID(Radio Frequency Identification) 태그를 부착하여 입출내역을 센서로 쉽고 빠르게 인식할 수 있도록 개발하는 것이 필요하다. RFID는 무선인식이라고 부르며 반도체 칩이 내장된 태그 등에 저장된 데이터를 무선주파수를 이용하여 비접촉으로 식별하는 인식시스템이다. 태그가 달린 모든 상품은 언제 어디서나 자동적으로 확인 또는 추적이 가능하며 태그와 리더기 사이에 장애물이 있어도 정보를 인식하는 것이 가능하다. 현재 2차원 2D 바코드(Barcode)¹⁾를 의약품에 부착해서 관리하고자 하는 시도들이 늘

1) 2D 바코드 : 기존의 1차원 바코드보다 크기는 작지만 더 많은 정보를 담을 수 있도록 고안된 바코드

고 있는데 바코드를 부착 시 실제 바코드 부위를 직접 하나하나 리더기로 인식시켜야 한다는 현실적인 불편함이 있다. RFID는 바코드에 비해 많은 양의 데이터를 다룰 수 있으며 데이터를 읽는 속도가 빠르고 신뢰도가 높다. 교통 카드나 고속도로의 하이패스에서 이미 RFID 기술이 활용되고 있다. RFID의 리더링 정보가 즉시 블록체인에 기록되어 국가 시스템에 연동되면 마약류 취급자가 하나하나 시스템에 등록해야하는 번거로움을 해소할 수 있을 뿐만 아니라 정확하고 투명한 관리가 가능해진다.

앞에서 제시한 세 가지의 블록체인 활용 가능한 의약품 세부분야는 의약품 이동 과정에서 연속선상에 있으며 모든 과정이 블록체인을 접목한 시스템을 통해 관리된다면 고위험의약품뿐만 아니라 전 세계적으로 의약품의 신뢰할 수 있는 유통시스템을 구현하고 위조 의약품으로 인한 피해를 최소화할 수 있을 것이다.

의약품의 품질 관리 및 고위험 의약품의 투명한 사용 관리 부분에 블록체인을 적용하여 활성화하기 위해서는 다음과 같은 조건이 충족되어야 한다.

첫째, 국제적인 협력이 필요하다. 우리나라의 경우 의약품의 품질이 좋고 위조 의약품의 위험이 적지만 의약품을 생산한 국가를 벗어나 수출되고 수입되는 모든 의약품에는 해당 의약품이 정품임을 입증할 수 있는 표식이 필요하다. 이것을 국제적으로 제도화해야 아프리카를 비롯한 개발도상국에서 위조 의약품 복용으로 인해 중요한 치료의 기회를 놓치고 치명적인 결과를 초래하는 것을 방지할 수 있다.

둘째, 생산부터 유통, 투약에 이르기 까지 전 과정에 걸쳐 추적이 필요한 고위험 의약품의 경우 1개 단위로 포장하고 개별적인 표식 센서가 필요하다. 현재 2D 바코드를 활용한 시도를 많이 하고 있는데 2D 바코드를 저렴하고 간편한 반면 바코드 화면을 직접 리더기로 인식시켜야 한다는 단점이 있다. 의약품을 유통하고 병원 등에서 포장 시 일일이 리더기로 인식시켜야 한다는 것은

현실적으로 어렵다. 따라서 직접 해당 화면을 접촉하지 않아도 일정한 거리 이내에 있다면 자동으로 인식되는 RFID를 의약품 1개 단위로 부착할 수 있는 방법을 고려해봐야 한다. 시스템이 적절하게 설치되고 운영된다면 사람이 하나하나 손수 리더기로 인식시키지 않아도 이동 시나 환자에게 처방 시에 자동으로 위치를 인식하여 블록체인에 실시간으로 기록되도록 할 수 있을 것이다. 또한 누구든 해당 의약품의 이동경로를 손쉽게 파악할 수 있다.

3.3 임상시험 결과 조작 방지

배아 줄기세포 연구로 큰 성과를 얻었다는 2005년 황우석 박사의 보도가 몇 년에 걸친 의심과 불신, 혼란 끝에 결국 거짓이었다는 것이 밝혀지면서 사회적으로 큰 파장을 불러일으켰다. 특히 생명윤리 분야에 대한 신뢰가 떨어지고 난치병 환자들의 치료에 대한 희망을 좌절시키게 됨에 따라 활발했던 생명과학분야의 연구가 얼어붙게 되는 결과를 초래하게 되었다.

얼마 전 가슴기 살균제 사건이 사회적으로 크게 이슈화 되었었다. 2016년 5월까지 가슴기 살균제 피해자 규모는 정부 집계 530명, 환경보건시민센터 추산 1,848명이었다. 가슴기 살균제 사용으로 인해 폐에 섬유화 증세가 일어나 사망에까지 이르렀으며 사망자 대부분은 산모와 영유아였다. ‘한국의 탈리도마이드 사건¹⁾’이라고 불린 이 사건은 그 배후에 임상시험 결과 조작이라는 뒷거래 있었음이 추후 밝혀졌다(김옥주, 2016).

2015년 발표된 논문에 따르면 임상시험으로 승인되는 의약품 3~4개 중 하나 정도에서 부작용이 발생했다. 부작용이 발생한 476건 중 370여건은 병원에 입

1) 탈리도마이드 사건 : 탈리도마이드는 1950년대 독일의 그뤼넨탈 제약회사에서 개발한 수면제로 임산부의 입덧에 효과가 좋고 안전해서 처방전 없이도 복용 가능한 인기 있는 약물이었음. 그러나 약을 복용한 임산부가 사지가 짧거나 없는 기형아를 출산하기 시작했고 결국 판매금지가 내려지게 되었으나 이 약으로 인해 1만 명 이상의 기형아가 태어났으며 셀 수 없이 많은 사산이 유발됨. 당시 미국의 식품의약품(FDA)은 해당 약의 안전성에 대한 근거 불충분으로 사용 허가를 하지 않아 피해가 거의 발생하지 않았음. 이후 약물 시판 전 임상시험의 중요성이 알려지게 되고 허가 기준이 강화되는 계기가 됨.

원하였고, 그 중 49건은 임상피험자가 사망하였다(곽규만, 2015). 인간을 대상으로 하는 임상시험은 예상할 수 없는 위험성을 내포하고 있으며, 임상시험 과정 및 결과가 정직해야 시판 후 의약품의 부작용이 확산되는 것을 막을 수 있다. 따라서 모든 임상시험 과정은 상세하고 투명하게 있는 사실이 그대로 기록되어야 한다.

인간을 대상으로 하는 모든 연구는 연구심의위원회(Institutional Review Board, 이하 “IRB”라고 한다.)의 승인을 먼저 받아야 한다. IRB는 약사법, 의료기기법, 생명윤리 및 안전에 관한 법률, 의약품임상시험관리기준, 의료기기임상시험관리기준 등 관련 규정을 기준으로 임상연구에 참여하는 대상자의 권리·안전·복지 보호를 목표로 한다. 인간을 대상으로 하는 임상시험의 경우 사실을 그대로 기록하고 그 내용을 근거로 정확한 연구결과를 도출 하는 것이 중요한데 위·변조 등의 윤리적 문제가 간헐적으로 발생하고 있다. 연구를 시작하기 전 엄격한 IRB 승인 절차를 거친다고 하더라도 연구 중에 기록이나 결과를 조작하는 것에 대해서는 쉽게 알아차릴 수 없다는 맹점이 있다. 특히 임상에서 시행되는 임상시험의 경우 한 연구자가 24시간 담당하는 것이 아니라 환자의 담당 의료진이 교대로 연구에 참여하게 되면서 아무리 수기 사인이나 시간기록 등의 노력을 기울인다고 하더라도 기록의 진실성을 보장할 수 없으며 추후 연구자가 이 기록을 편의에 맞게 수정하지 않는다는 장담도 할 수 없다. 따라서 인간을 대상으로 하는 모든 임상시험의 기록은 타임스탬프와 사인이 그 즉시 입력되어 기록한 시간이나 내용을 위조할 수 없도록 해야 한다.

인간을 대상으로 한 임상시험 과정에 블록체인을 활용하여 진실한 연구 결과를 도출할 수 있도록 결과 조작을 방지하기 위해서는 엄격한 제도적 규정이 마련되어야 한다. 임상시험의 결과에 대한 신뢰는 필수적인 요소이다. 특히 의약품이나 환자에게 직접 삽입되거나 사용되는 의료기기의 경우 임상시험의 전 과정과 연구 결과는 투명하고 신뢰할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 제도적인 규정이 필요하며 IRB는 모든 과정이 블록체인에 실시간으로 기록되도록

임상시험이 설계되어있는지 면밀히 확인할 필요가 있다. 블록체인의 임의 수정, 삭제가 불가하고 실시간으로 기록되는 특징은 임상시험에서 가장 빛을 발할 수 있다. 임상시험이 끝나면 식품의약품안전처는 블록체인에 기록된 임상시험 결과를 면밀히 분석해야 하며 해당 연구의 전 과정 및 결과는 대중에게 공개되어 원하는 사람은 누구나 확인할 수 있어야 한다.

또한 새로 출시된 의약품이나 의료기기의 경우 모니터링 기간을 지정하여 그 기간 동안 발생한 부작용으로 의심되는 모든 증상이 실시간으로 기록되도록 하고 이를 빅데이터화하고 자동으로 통계 분석하여 상품과 부작용 간의 연관성을 분석하도록 해야 한다.

3.4 감염정보 공유

2015년 우리나라에 메르스 사태가 벌어지면서 감염병 관리 시스템에 대한 문제가 수면 위에 떠올랐다. 감염병 정보는 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」로 질병별로 규정된 절차에 따라 나라에 신고서를 전송하여 보고하고 있다. 확진환자 뿐만 아니라 의심환자도 신고하도록 하고 있지만 이는 병원과 국가 간의 소통일 뿐 병원 간에는 관련 정보를 공유받기가 쉽지 않다.

김태성 외(2016)는 감염병 의심환자 공유 시스템을 구축하기 위해 컨소시엄 블록체인을 활용한 방안을 연구하였다. 중앙관리기관인 질병관리본부와 대형 컨소시엄인 대형 병원과 보건소로 구성되어 있고 소형 컨소시엄인 개인병원이 합쳐져서 커다란 네트워크를 형성하는 것이다. 중앙관리기관인 질병관리본부는 참여 컨소시엄을 관리하고 필요시 대형 컨소시엄인 대형 병원이나 보건소에 감염병 필터를 제안할 수 있다. 감염병 필터란 질병관리본부가 특정한 조건을 제시하고 대형 병원이나 보건소는 승인 후 블록을 생성해서 해당 기관에 있는 환자 중 그 조건에 만족하는 환자들의 정보를 제공하는 것이다.

특징적인 증상이나 기준조건을 찾기 힘든 대부분의 초기 감염병의 경우 필터를 적용하기 쉽지 않지만 명확한 기준이 있는 경우는 필터를 걸어 감염병 환

자의 정보를 편리하게 추출하여 관리할 수 있다. 예를 들어 Dengue Virus Antibody 검사를 시행한 환자는 Dengue 환자이거나 Dengue 의심환자라는 것을 알 수 있어 필터조건으로 사용하기 용이하다.

블록체인을 적용하여 특정 기준 충족 시 따로 신고하지 않아도 자동으로 신고되도록 시스템화 하면 현재 수동 신고과정에서 발생하는 신고 누락률을 현저히 낮출 수 있고 국가의 상황에 따라 긴급히 확산을 방지해야 하는 전염병 창궐 시 신속하게 다른 병원에 확진 환자의 정보나 접촉자의 정보를 공유하여 확산을 방지하는 방안도 고안해볼 수 있다.

질병관리본부는 ‘2019년 감염병 예방관리 시행계획’을 발표하면서 다부처 감염병 정보공유 및 공동대응 기반 마련을 위해 “원헬스 포럼”을 개최한다고 밝혔다. 여기서 특히 관계부처의 정보공유를 통한 공동대응의 중요성을 강조했는데 신속하고 정확한 정보공유가 감염병 대응을 위한 중요요소임을 모두 체감하고 있다는 것이다.

감염정보 공유에 블록체인을 활용되기 위해서는 시스템 구축 전 세 가지 현실적인 문제를 해결해야 한다.

첫째는 엄격히 정보 이동이 제한되어있는 개인정보보호 법률의 개정이고, 두 번째는 의료정보의 표준화이다. 셋째는 감염질환을 구분해 낼 수 있는 기준 지표의 정립이다. 이 조건들이 갖춰지면 특정 의심 지표가 나타난 환자는 의료정보가 감염 블록체인에 자동으로 올라가게 할 수 있다. 블록체인에 올라온 환자 전수를 대상으로 인공지능을 통해 감염질환의 이환가능성을 수치로 나타낼 수 있다면 빠르게 격리나 방역 조치 등이 이루어지도록 할 수 있다. 또한 세분화해서 개인정보별 활용 범위를 규정한다면 제한 없이 활용 가능한 신뢰할 수 있는 익명정보는 빅데이터로서 감염질환에 대한 역학연구의 활성화에 기여할 수 있을 것이다.

3.5 건강보험증

우리나라는 전 국민 건강보험제도를 채택하고 있어 우리나라 국민이라면 누구나 국가 건강보험의 혜택을 받는다. 단지 경제상황이나 질병의 종류, 혹은 원인에 따라 건강보험이나 의료급여, 산재보험이나 자동차보험 등 조금씩 다른 종류의 보험을 적용받고 있으며 상황에 따라 다른 보험요율이 적용된다. 또한 의료기관 당연지정제로 인해 우리나라의 모든 의료기관은 건강보험이 적용되는 요양기관으로 자동 지정되기 때문에 모든 국민은 우리나라에 있는 어떤 의료기관이든 방문하여 진료 받을 수 있고 건강보험을 적용 받을 수 있다.

국민건강보험공단(2017)의 「건강보험환자 진료비 실태조사」를 보면 우리나라의 건강보험보장률¹⁾은 62~65% 수준(2006년~2017년)으로 국가의 의료 보장률이 높은 편에 속한다. 건강보험보장률은 환자가 처한 상황에 따라 개별적으로 달라지게 되어있으며 검사 횟수나 입원일수에 따라 보험적용을 제한하는 등 건강보험비의 사용을 최소화하면서 지원이 필요한 환자의 보장률을 높이기 위해 다양한 보험인정기준을 제정하여 고시로 배포하고 있다. 고시 제2019-10호의 하복부-비뇨기 초음파 급여기준에 의하면 특정 조건에 만족하는 환자의 경우 연 1회까지 초음파가 급여100%가 가능하고 2회째부터는 급여80%로 적용해야한다. 그러나 이 환자가 같은 해에 다른 병원에서 해당 진단으로 이미 초음파 급여100%를 적용 받았는지 여부는 사전에 알 수 있는 방법이 없다. 타병원의 진료내역 및 보험적용여부를 확인할 수 없기 때문이다. 일단 병원은 환자가 이야기하지 않는 이상 처음 검사라고 생각하고 급여100%로 청구를 하게 된다. 그 뒤 건강보험심사평가원에서 청구에 대한 삭감이 이루어지게 되고 추후 병원의 진료비 재산정과 환자의 추가 수납과정이 필요하게 된다. 이뿐만 아니라 보험인정 횟수가 정해진 특정한 약품이나 1년 동안의 보험적용 입원일수가 정해진 중증 치매 같은 진단의 경우 이 환자가 이미 얼마나 보험을 적용 받았는지 쉽게 확인할 수 없기 때문에 사전에 치료방법이나 기간에 대해 논의해서 진행하는 것이 어렵다.

1) 건강보험보장률 : 비급여를 포함한 환자의 전체 진료비 중에서 건강보험에서 부담하는 비율

건강보험을 적용받은 이력을 블록체인에 기록해서 대상자가 자신의 진료 이력을 쉽고 투명하게 확인할 수 있게 하고 의료기관에서는 특정 처방을 저장했을 때 해당 검사나 약품에 대한 타병원의 처방 이력을 확인할 수 있게 하면 진료나 보험적용 과정을 보다 적절하고 정확하게 진행할 수 있을 것이다. 또한 건강보험 정책을 제정함에 있어 검사나 약품의 처방 횟수를 제한하여 과잉진료를 방지하고 꼭 필요한 대상자의 혜택을 늘릴 수 있는 방안을 지금보다 더 다양하게 고안할 수 있을 것이다. 환자의 입장에서 본인의 전체 진료 이력을 한눈에 확인할 수 있어 사 보험의 보험금 신청이나 이력 관리하는데 유용하게 활용할 수 있으며, 자신의 건강보험이 타인에 의해 오용되거나 부정하게 사용되는 것을 빨리 파악하고 조치를 취할 수 있게 된다.

현재 우리나라는 건강보험증을 소지하고 다니지 않아도 주민등록번호와 이름만 적어내면 국민건강보험공단 API를 통해 환자의 보험자격을 쉽게 확인할 수 있는 시스템이 편리하게 구현되어 있다. 이처럼 환자의 보험적용 이력을 손쉽게 불러와서 저장할 수 있으면 병원에서는 환자의 보험적용 이력을 하나하나 확인할 수 없어도 실제 처방 시에는 해당 처방이 최근에 발행된 적이 있거나 보험에서 규정한 보험적용 횟수를 초과한 경우 알람을 줄 수 있다. 이러한 보험 적용 이력은 병원에서 보험료 청구를 위해 건강보험심사평가원에 전송한 자료를 바탕으로 확인할 수 있다.

전자 건강보험증에 블록체인 적용하기 위해서는 엄격한 개인정보보호 법률의 개정이 이루어져야 한다. 이미 보험료 청구를 위해 각 병원에서 건강보험심사평가원에 전송하는 EDI 코드라는 기준 지표가 존재하며 전송된 자료들은 건강보험심사평가원으로 모이고 있는 상태이다. 따라서 EDI 코드가 검사나 처방별로 일대일 매칭이 되지 않아도 보험혜택을 다양하게 상황별로 적용하기에 충분한 자료를 수집할 수 있다.

V. 보건의료분야 블록체인 기술 활용 시 고려사항

1. 블록체인의 비가역성 해결

한국정보통신기획평가원은 ‘2019년 블록체인 사업 통합설명회’에서 한국의 블록체인 기술 수준은 최고 수준 보유국과 비교해서 76.4%에 불과하다면서 이는 2.4년의 개발 격차를 의미한다고 말했다. 또한 블록체인 기술 경쟁력이 낮고 관련 연구가 활발하지 않다는 점을 지적하기도 하였다. 그 원인으로는 최고급 블록체인 전문 인력의 부족과 블록체인을 활용할 수 있는 핵심요소와 인프라 환경 부족, 그리고 블록체인에 대한 법적 효력 부재를 꼽았다. 특히, 활용도가 높은 혁신적인 기술 및 비즈니스 모델의 사례가 부족함을 지적했다.

< 표 13 > 의료분야에 블록체인 적용 시 기술적 한계점

블록체인의 기술적 한계점	명수(명)	백분율(%)
한번 기록을 올리고 나면 수정, 삭제가 불가함(환자의 삭제권 행사 불가)	14	36.84
추후 암호해독기술의 발달로 암호가 풀리면 원본 의료정보의 유출 위험이 존재함	7	18.42
스마트계약으로 인해 거버넌스나 책임소재가 불명확함	6	15.79
모든 참여자들이 모든 원본 정보를 저장하는 것은 비효율적임	6	15.79
블록체인에 올리기에 의료정보의 크기가 너무 큼(CT, MRI 등 영상정보 포함)	5	13.16
총	38	100

블록체인 기술을 의료분야에 적용하는데 있어서 블록체인 기술이 가진 기술적 한계점이나 특성 중 가장 큰 제약사항이 무엇인지에 대해 설문을 진행한 결과 전체 38명 중 14명(36.84%)이 ‘한번 기록을 올리고 나면 수정, 삭제가 불가함(환자의 삭제권 행사 불가)’을 꼽아 연구대상자는 블록체인의 비가역성에 대해 가장 우려하고 있는 것으로 나타났다. 그 다음으로는 ‘추후 암호해독기술

의 발달로 암호가 풀리면 원본 의료정보의 유출 위험이 존재함’을 전체 38명 중 7명(18.42%)이 한계점이라고 꼽았으며, ‘스마트계약으로 인해 거버넌스가 책임소재가 불명확함’을 전체 38명 중 6명(15.79%)이 선택했다. ‘모든 참여자들이 모든 원본 정보를 저장하는 것은 비효율적임’을 전체 38명 중 6명(15.79%)이 선택했으며, ‘블록체인에 올리기에 의료정보의 크기가 너무 큼(CT, MRI 등 영상정보 포함)’을 가장 큰 한계점으로 꼽은 연구대상자는 전체 38명 중 5명(13.16%)이었다.

블록체인의 암호기술력이 현재의 과학기술로는 해킹하는 것이 불가능하지만 양자컴퓨터의 시대가 와서 암호해독 기술이 발전하면 암호화된 모든 데이터가 복호화될 수 있다는 우려의 목소리도 있다. 물론 그런 날이 온다면 현재 우리가 사용하고 있는 대부분의 인증, 보안 기술이 무력화 될 것이며 블록체인의 암호학과 정보보안 기술 역시 지금보다 훨씬 더 발전해있을 것으로 예상된다(김열매, 2018).

여기서 문제는 블록체인에 의료정보의 원본을 올릴 경우 추후 현재의 암호기술을 뛰어넘는 복호화기술이 나타났을 때 지금 올린 원본 정보가 그대로 노출될 가능성이 있다는 것이다. 그때 올리는 정보는 더 높은 기술력을 가진 암호기술로 암호화를 해서 올린다고 하더라도 지금 올린 정보까지 소급해서 암호적용을 할 수 있느냐 하는 점은 의문점으로 남는다.

익명정보는 개인정보에 해당되지 않으므로 GDPR을 준수하지 않아도 되지만 GDPR에서 제시한 익명화 기준은 상당히 높게 설정되어 있다. 블록체인의 암호화 및 해시, 그리고 공개키와 개인키로 이루어진 보안기술은 정보주체를 식별하거나 원본데이터를 복원할 수 있는 가능성이 굉장히 희박하지만 아예 없다고는 볼 수 없기 때문에 논의가 진행되고 있지만 일단 GDPR은 블록체인의 암호화된 정보를 익명정보가 아니라 가명처리된 정보, 즉 가명정보라고 보고 있다(정일영 외, 2019).

프라이빗 블록체인이나 컨소시엄 블록체인의 경우 정책적인 부분을 결정할

수 있는 거버넌스가 있어서 이전의 내역에 대해서도 합의를 통해 변경할 수 있는 여지가 있으나 누구나 참여할 수 있고 관리주체가 없는 퍼블릭 블록체인의 경우 거버넌스와 책임소재가 분명하지 않다는 특징이 있다. 중요한 정보인 의료정보를 다루는 것에 있어서 퍼블릭 블록체인보다는 프라이빗이나 컨소시엄 블록체인 형태를 접목하게 될 가능성이 크지만 이 부분에 대해서는 인지하고 있을 필요가 있다.

이와 관련된 법률로는 개인정보 보호법, 의료법, 유럽연합의 GDPR 등이 있다.

개인정보 보호법 제21조와 제36조는 정보의 보유기간이 경과하였거나, 개인정보 처리 목적 달성 등으로 인해 개인정보가 더 이상 필요하지 않게 되었을 때, 또는 정보주체가 요구하였을 때 개인정보를 정정하거나 삭제할 수 있도록 명시하고 있다. 또한 의료법 제22조(진료기록부 등)에는 진료기록의 보존연한이 서식별로 명시되어 있어 해당 기간이 경과 시 원칙적으로는 해당 정보를 파기해야 한다.

유럽연합의 GDPR은 개인의 정보에 대한 권리를 인정해주고 정보를 보호하면서 동시에 개인으로 하여금 자신의 정보를 활용할 수 있도록 하기 위해 제정되었다. GDPR 규정의 항목 중에서 정정권, 삭제권, 이동권 등에 대한 부분이 동일한 목적으로 활용 가능한 블록체인 기술의 일반적인 특성과 서로 상충된다. 그러나 GDPR에서는 우리나라의 개인정보 보호법과는 달리 연구를 위한 목적인 경우 삭제권을 보장하지 않아도 된다고 예외사항으로 명시하고 있다(정일영 외, 2018). GDPR의 원칙을 준수하기 위해서는 퍼블릭 블록체인과 같은 공개 블록체인보다 시스템 관리자가 존재하는 비공개 블록체인이 유리하지만, EU Blockchain Forum(2018)에 따르면 현재 GDPR을 준수할 수 있는 블록체인은 존재하지 않으며 준수할 수 있는 응용사례가 있을 뿐이라고 언급하기도 했다(정일영 외, 2019; EU Blockchain Forum, 2018).

블록체인의 특성상 삭제권의 권리행사가 불가능한 것에 대한 우려가 있는 반면 다른 관점에서 보면 의료정보에 대한 수정 이력을 그대로 남길 수 있는 방법으로 활용가능성을 제시할 수도 있다. 의료법 22조(진료기록부 등)에 의거하여 전자의무기록은 추가 기재나 수정된 경우 변경 전, 후의 원본을 모두 법률에 고시된 기간 동안 보존하여야 하며 추가 기재나 수정을 한 경우 같은 법 23조(전자의무기록)에 의거하여 그 접속기록을 보관해야 한다.

이러한 블록체인의 단점을 보완하고자 액센츄어(Accenture)에서는 ‘수정 가능한 블록체인’을 시도하기도 하였으나 블록체인의 기본원칙인 불변성을 제거한 것이 과연 블록체인이 맞는지, 그리고 그로 인해 얻는 것이 잃는 것보다 많은지는 고민해봐야 할 문제이다(로랑 툴루, 2018).

또한 정보 유출을 막기 위해 블록에 실을 온체인 데이터(On-chain data)와 인덱스 정보를 실을 오프체인 데이터(Off-chain data)를 구분하는 방안을 고려할 필요가 있다(한현욱, 2018). 즉, 블록체인에는 원본 정보를 바로 올리지 않고 원본은 따로 데이터서버나 클라우드(Cloud)에 보관(Off-chain data)하되, 원본 정보를 의미하는 기록(원본 정보의 해시 값 등)을 블록체인에 올리는(On-chain data) 방안 등을 고려해볼 수 있다. 그렇게 되면 특정 정보를 블록체인에 기록된 인덱스 정보와 비교해서 원본인지 여부를 확인할 수 있다.

삭제권이나 보유기간 이후 파기에 대한 부분을 정책적으로 규정하여 필요시 오프체인의 원본 정보를 삭제하고 그 사유를 남기는 등의 해결 방안을 논의해볼 수 있고, 원본을 그대로 기록한 블록체인의 경우 기록된 내용에 대한 보존기간을 설정해놓음으로써 지정된 시간이 경과한 이후 해시코드 등의 인덱스 정보만 남고 원본기록이 삭제되도록 방법을 고안할 수도 있다. 이런 방식으로 개발 시 추후 암호해독기술이 발전하더라도 블록체인의 인덱스 정보만으로는 원래 기록내용을 유추해낼 수 없으며 퍼블릭 블록체인이나 유동적으로 가치가 변동하는 코인의 영향을 받는 블록체인이 아니라면 필요시에 블록체인 알고리즘을 수정할 수도 있다.

2. 블록체인 기술의 특성에 따른 가치 비교

의료분야는 공공성이 중요한 분야이면서 동시에 민감한 개인정보이므로 보안성이 특히 중요하게 고려되어야 하는 분야이다. 그러나 데이터를 다루거나 운영함에 있어 블록체인 기반 시스템이 기존의 시스템에 비해 효율적인지에 대한 고려는 필수적이다. 또한 공공성과 보안성이 중요한 가치임에는 분명하지만 개인이나 기관의 영리추구의 자율성이 어느 정도까지 공공의 이익을 위해 감수되어야 하는지에 대한 부분은 여전히 논란의 여지가 있다.

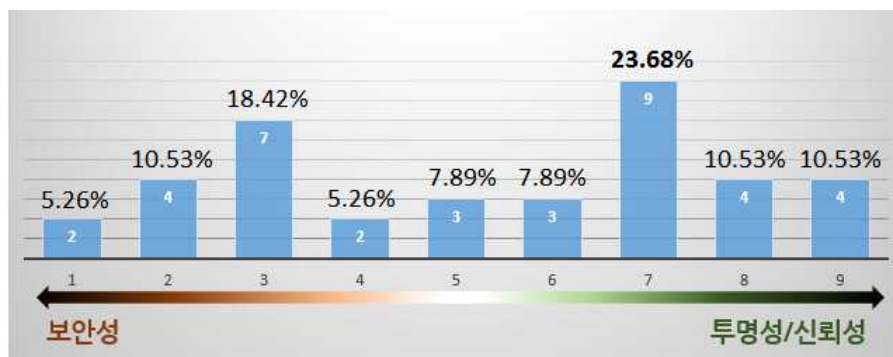
< 표 14 > 의료분야에 블록체인 적용 시 상충되는 가치 비교

가치 비교	최빈값	중위수	평균	표준편차
보안성 - 투명성/신뢰성	7	6	5.34	2.51
보안성 - 효율성/편의성	3	3	3.55	1.94
보안성 - 공공성	3	4	4.16	2.03
보안성 - 개인이나 기관의 영리추구 자율성	2	3	3.58	2.26
공공성 - 개인이나 기관의 영리추구 자율성	3	4	4.32	2.33

의료분야에 블록체인 기술을 적용 시 상충되는 가치에 대한 상대적 중요도를 조사한 결과 ‘보안성’과 ‘투명성/신뢰성’사이의 가치 비교에 대해 9점 만점에 5.34점(표준편차 2.51)이 나왔으며, 최빈값은 7점, 중위수는 6점으로 조사되었다. 이 결과로 비추어봤을 때 연구대상자는 평균적으로 ‘보안성’보다는 ‘투명성/신뢰성’을 의료분야에 블록체인 적용 시 더 중요하게 고려해야 하는 가치라고 생각한다는 것을 알 수 있었다. ‘보안성’과 ‘효율성/편의성’사이의 가치 비교 질문에 대해 9점 만점에 평균 3.55점(표준편차 1.94)이 나왔으며 최빈값은 3점, 중위수는 3점으로 조사되었다. 이 결과를 비추어봤을 때 연구대상자는 평균적으로 ‘효율성/편의성’보다는 ‘보안성’을 의료분야에 블록체인 적용 시 더 중요하게 고려해야 하는 가치라고 생각한다는 것을 알 수 있었다. ‘보안성’과 ‘공공성’사이의 가치 비교 질문에 대해 9점 만점에 평균 4.16점(표준편차 2.03)이 나왔으며 최빈값은 3점, 중위수는 4점으로 조사되었다. 이 결과를 비추어봤을 때

연구대상자는 평균적으로 ‘보안성’을 ‘공공성’보다 의료분야에 블록체인 적용 시 더 중요하게 고려해야 하는 가치라고 생각한다는 것을 알 수 있었다. ‘보안성’과 ‘개인이나 기관의 영리추구 자율성’사이의 가치 비교 질문에 대해 9점 만점에 평균 3.58점(표준편차 2.26)이 나왔으며 최빈값은 2점, 중위수는 3점으로 조사되었다. 이 결과를 비추어봤을 때 연구대상자는 평균적으로 ‘개인이나 기관의 영리추구 자율성’보다는 ‘보안성’을 의료분야에 블록체인 적용 시 더 중요하게 고려해야 하는 가치라고 생각한다는 것을 알 수 있었다. ‘공공성’과 ‘개인이나 기관의 영리추구 자율성’사이의 가치 비교 질문에 대해 9점 만점에 평균 4.32점(표준편차 2.33)이 나왔으며, 최빈값은 3점, 중위수는 4점으로 조사되었다. 이 결과를 비추어 봤을 때 연구대상자는 ‘개인이나 기관의 영리추구 자율성’보다는 ‘공공성’을 의료분야에 블록체인 적용 시 더 중요하게 고려해야 하는 가치라고 생각한다는 것을 알 수 있었다.

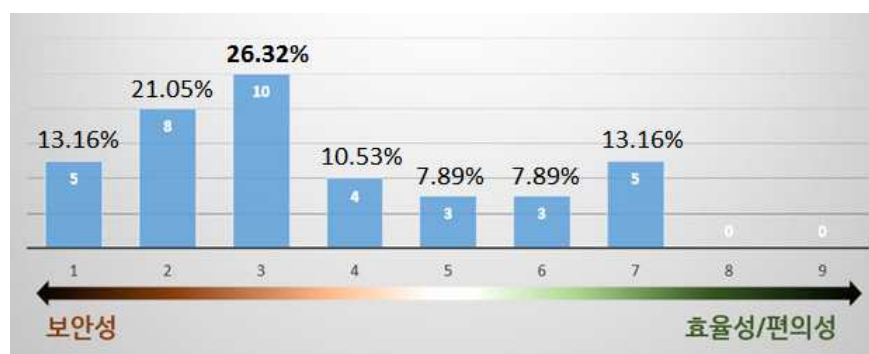
< 그림 10 > 보안성 - 투명성/신뢰성 가치 비교



가치 비교 점수별 분포 그래프를 하나씩 살펴보면, ‘보안성’과 ‘투명성/신뢰성’ 사이에 이분형 곡선이 형성되는 것을 볼 수 있다. 즉 ‘보안성’이 더 중요한 가치라고 생각하는 연구대상자와 ‘투명성/신뢰성’이 더 중요한 가치라고 생각하는 연구대상자가 둘 다 많았다는 것이다. 빈도분포를 봤을 때 ‘투명성/신뢰성’을 더 중요하게 생각한다고 7점이라고 응답한 사람이 9명(23.68%)으로 가장 많았던 반면, 그만큼 ‘보안성’이 더 중요하다고 응답한 사람이 7명(18.42%)으

로 두 번째로 많았다. 선택한 가치를 기준으로 비율을 계산해보면 ‘보안성’을 더 중요한 가치로 생각하는 사람은 15명(39.47%)이었고 ‘투명성/신뢰성’을 더 중요한 가치로 생각하는 사람은 20명(52.63%)으로 집계되어 평균적으로는 ‘보안성’보다는 ‘투명성/신뢰성’을 좀 더 중요한 가치로 생각한다는 것을 알 수 있었다.

< 그림 11 > 보안성 - 효율성/편의성 가치 비교



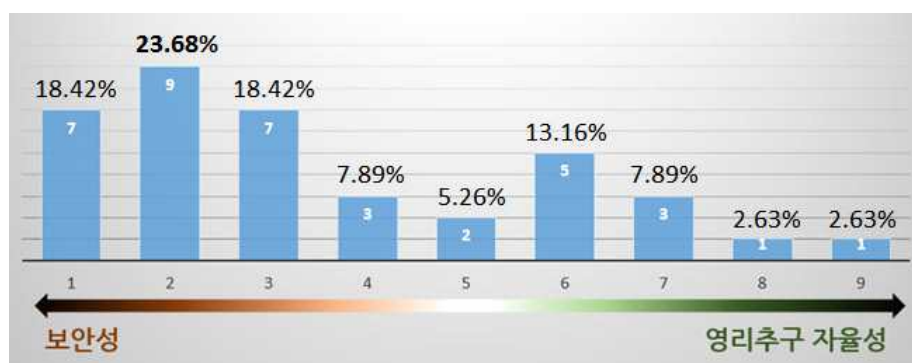
‘보안성’과 ‘효율성/편의성’사이의 가치 비교 점수별 분포 그래프를 살펴보면, 보편적으로 ‘효율성/편의성’보다는 ‘보안성’이 의료분야에 블록체인을 적용 시 더 중요하게 고려해야할 가치라고 생각한다는 것을 알 수 있다. 전체 점수 중 ‘보안성’에 가치를 더 많이 둔 3점을 고른 사람이 10명(26.32%)으로 가장 많았다. 선택한 가치를 기준으로 비율을 계산해보면 ‘보안성’이 더 중요한 가치라고 응답한 사람은 27명(71.06%)이었고 ‘효율성/편의성’이 더 중요한 가치라고 응답한 사람은 8명(21.05%)으로 나와 ‘효율성/편의성’을 더 중요한 가치라고 생각하는 사람보다 ‘보안성’을 더 중요한 가치라고 생각하는 사람이 3배 이상 많았다.

< 그림 12 > 보안성 - 공공성 가치 비교



‘보안성’과 ‘공공성’사이의 가치 비교 점수별 분포 그래프를 살펴보면, 보편적으로 ‘공공성’보다는 ‘보안성’이 의료분야에 블록체인을 적용 시 고려해야할 더 중요한 가치라고 생각한다는 것을 알 수 있다. 전체 점수 중 ‘보안성’에 가치를 더 많이 둔 3점과 4점을 고른 사람이 각각 7명(18.42%)으로 가장 많았다. 선택한 가치를 기준으로 비율을 계산해보면 ‘보안성’을 더 중요한 가치라고 생각하는 사람은 23명(60.52%)이었고 ‘공공성’을 더 중요한 가치라고 생각하는 사람은 10명(26.31%)으로 나와 ‘공공성’이 더 중요한 가치라고 응답한 사람보다 ‘보안성’이 더 중요한 가치라고 응답한 사람이 2배 이상 많았다.

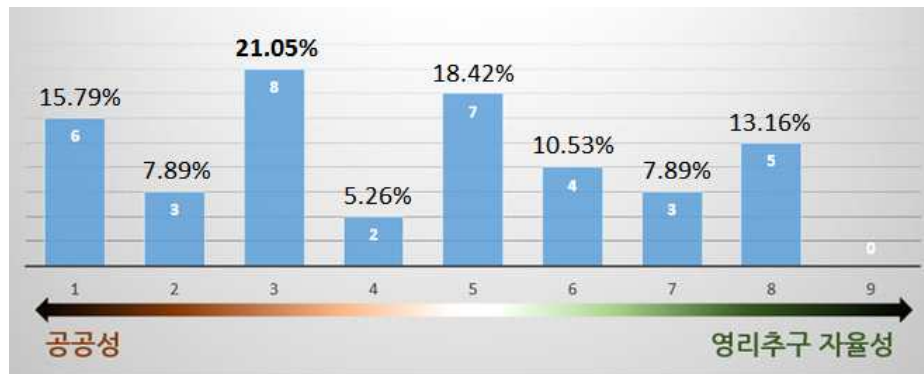
< 그림 13 > 보안성 - 영리추구 자율성 가치 비교



‘보안성’과 ‘개인과 기관의 영리추구 자율성’사이의 가치 비교 점수별 분포 그래프를 살펴보면, 보편적으로 ‘개인과 기관의 영리추구 자율성’보다는 ‘보안성’

이 의료분야에 블록체인을 적용 시 고려해야할 더 중요한 가치라고 생각한다는 것을 알 수 있다. 전체 점수 중 ‘보안성’에 가치를 더 많이 둔 2점을 고른 사람이 9명(23.68%)으로 가장 많았다. 선택한 가치를 기준으로 비율을 계산해보면 ‘보안성’을 더 중요한 가치라고 생각하는 사람은 26명(68.41%)이었고 ‘개인과 기관의 영리추구 자율성’을 더 중요한 가치라고 생각하는 사람은 10명(26.31%)으로 나와 ‘개인과 기관의 영리추구 자율성’이 더 중요한 가치라고 응답한 사람보다 ‘보안성’이 더 중요한 가치라고 응답한 사람이 2배 이상 많았다.

< 그림 14 > 공공성 - 영리추구 자율성 가치 비교



‘공공성’과 ‘개인과 기관의 영리추구 자율성’사이의 가치 비교 점수별 분포 그래프를 살펴보면, 보편적으로 ‘개인과 기관의 영리추구 자율성’보다는 ‘공공성’이 의료분야에 블록체인을 적용 시 고려해야할 더 중요한 가치라고 생각한다는 것을 알 수 있다. 전체 점수 중 ‘공공성’에 가치를 더 많이 둔 3점을 고른 사람이 8명(21.05%)으로 가장 많았다. 그러나 ‘공공성’과 ‘개인과 기관의 영리추구 자율성’사이에서 중립인 5점을 선택한 사람이 7명(18.42%)으로 다른 가치 비교에서보다 높게 측정되었다. 선택한 가치를 기준으로 비율을 계산해보면 ‘공공성’을 더 중요한 가치라고 생각하는 사람은 19명(49.99%)이었고 ‘개인과 기관의 영리추구 자율성’을 더 중요한 가치라고 생각하는 사람은 12명(31.58%)으로 나와 보편적으로 ‘개인과 기관의 영리추구 자율성’이 더 중요한 가치라고 응답한 사람보다 ‘공공성’이 더 중요한 가치라고 응답한 사람이 많았다.

3. 보건의료정보의 소유권 확립 및 표준화

3.1 보건의료정보의 소유권 확립

소유권은 식품 창고 바로 옆에서 사람을 아사시킬 수도 있는 값비싼 제도로 자산을 사유화하여 자원을 독점하게 하고 제3자의 활용을 배제함으로써 사회적 비용을 초래한다(박상철, 2018). 그러나 과학기술이 발전하여 데이터의 다양한 활용으로 인한 이익창출이 가능해지면서 정보주체인 개인의 이익침해가 발생하게 되었다. 한편, 정보 수집가(Collector)인 기업/사업체의 입장에서든 원활한 정보 활용이 제한받는 상황이 지속되면서 데이터 소유권에 대한 문제가 불거지게 되었다.

보건의료분야에서도 블록체인 기술로 인해 데이터의 보안을 보장하면서 다양하게 활용이 가능해짐에 따라 의료기관이 독점하여 보유하고 있던 민감한 의료정보에 대한 소유권이 누구에게 있는지에 대한 문제가 쟁점화 되었다.

< 표 15 > 의료정보의 소유권자

의료정보 소유권자	명수(명)	백분율(%)
개인(환자)	33	86.84
공공재이므로 누구에게도 독점적 소유권 없음	5	13.16
정부(국가)	0	0
의료기관(의료인)	0	0
총	38	100

의료정보의 소유권자에 대한 설문 결과 전체 38명 중 33명(86.84%)이 ‘개인(환자)’이 의료정보의 소유권자라고 응답했고, 5명(13.16%)만이 ‘공공재이므로 누구에게도 독점적 소유권 없음’을 선택했다. ‘정부(국가)’나 ‘의료기관(의료인)’을 선택한 연구대상자는 한 명도 없었다.

3.1.1 데이터 소유권의 개념

데이터에 대한 소유권은 정확한 법적 정의와 개념이 불분명하다. 민법상 “소유권”과 유사한 개념으로 추정할 수 있으나 법률상에서는 소유권을 물건을 배타적으로 사용하고 수익을 낼 수 있으며 처분할 수 있는 절대권으로 파악하고 있다. 그러나 데이터는 무한성과 비경합성이라는 특수한 성질을 지닌다. 즉, 데이터는 무제한적으로 복사해서 사용하거나 보유하는 것이 가능하고, 누군가가 데이터를 사용하려고 할 때 이미 다른 사람이 그 데이터를 사용하고 있다고 하더라도 활용하는데 아무런 지장을 받지 않는다. 소유권은 배타적 소유권, 비배타적 소유권, 지적 재산권(저작권) 등 다양한 형태로 존재한다(박상철, 2018; 정일영 외, 2018).

임준(2019)의 “데이터 소유권 관련 논의” 보고서에 의하면 데이터는 대부분 법률상 소유권의 형태가 아니라 정보주체의 특정 권리를 인정하는 형태로 규정되어 있다. 우리나라의 경우 「개인정보 보호법」에서 개인정보의 열람권, 정정권 및 삭제권, 개인정보의 처리정지 요구권 등 정보주체의 자기정보 관리 통제권리가 일부 규정되어 있다. 법률로 명시된 특정 권리를 제외한 나머지 권리에 관한 규정은 따로 없으며 정보주체의 동의를 받고 개인정보를 수집한 경우 사실상 보유에 의한 데이터 소유권이 데이터 수집가에게 있다고 인정되는 상황이다(Nestor Duch et al, 2017; 임준, 2019).

데이터 소유권을 법적으로 규정하기 위해서는 데이터 소유권의 개념을 어떤 형태로 적용할 수 있는지에 대한 논의가 필요하다. 기존의 법률에 명시된 “소유권”은 경합재의 성격을 띠는 반면, 데이터는 비경합재의 성격을 띠므로 데이터에 배타적 소유권을 인정하는 것을 사회적으로 바람직하지 않다. 그렇다면 “저작권”의 개념을 도입해보는 것을 검토해볼 수 있는데 이는 인간의 창조적 활동에 대한 보호이므로 데이터를 수집하는 것이 이와 동일한 가치를 지니는지는 논의가 필요하다. 지적재산권인 저작권은 저작자의 권리를 보호하는 한편, 공정한 이용을 도모함으로써 문화의 향상·발전에 이바지하는 것을 목적

으로 한다. 그러므로 영원히 권리를 행사하는 것이 아니라 특정기간을 지정하여 그 기간이 경과한 이후에는 해당 저작물에 대한 권리가 만료되고 누구나 그 저작물을 사용할 수 있게 되는 특성이 있다. 의료정보의 경우는 일반 데이터와 달리 데이터를 수집하는 의료기관에서 수집만 하는 것이 아니라 실제 해당 기관의 전문 인력과 시설에 의해 생산되는 데이터가 혼재되어있다는 분야의 특수성이 있다. 또한 의료정보는 정보가 외부로 유출 시 정보주체의 민감한 개인신상정보가 공개되게 된다는 데이터의 민감성이 있다. 현존하는 법률상 소유권의 개념을 적용할 수 없다면 새로운 데이터 소유권 개념을 고안해야 할 것이며 이와 관련된 연구는 초기 단계이다(Nestor Duch et al, 2017; Zimmer D., 2017; 임준, 2019).

3.1.2 보건의료정보의 정의

지금 이슈가 되고 있는 의료정보는 병원에서 생산하고 보유하고 있는 병원 전산시스템 내의 의료정보뿐만 아니라 개인이 직접 디바이스 등을 통해 생산한 건강정보까지 포함하는 광범위한 개념이다.

개인정보보호에 관한 법률에서는 개인정보를 “생존하는 개인에 관한 정보로서 당해 정보에 포함되어 있는 성명, 주민등록번호 등의 사항에 대해 개인을 식별할 수 있는 정보(당해 정보만으로는 특정 개인을 식별할 수 없더라도 다른 정보와 용이하게 결합하여 식별할 수 있는 것을 포함)를 말한다.”라고 정의하고 있다.

의료정보란 의사와 의료종사자가 환자에게 진료행위를 하면서 진단, 치료행위, 치료경과에 관련하여 생성한 자료로 환자의 신체적, 정신적 상태와 재환, 의무기록, 연구결과, 의학정보 및 원무정보 등을 포함한다.

IBM이 “IBM Health and Social Programs Summit”에서 2014년 발표한 자료에 따르면 우리 인간은 크게 세 가지 종류의 정보를 만들어낸다. 의료정보, 유전정보, 그리고 외부정보이다. 의료정보(Clinical data)는 일반적으로 의료기관

에서 생산해내는 병원전산시스템인 EMR(Electronic Medical Record)기반의 전통적인 의료정보를 의미한다. 유전정보(Genetic information)는 자신의 유전자를 분석해서 소유하는 것으로 이미 미국을 비롯한 해외에서는 수백만 명의 개인들이 자신의 유전정보를 분석했으며 그 수가 폭발적으로 증가하고 있다. 외부정보(Exogenous data)는 그 외의 개인에 대한 정보로 행동정보, 사회경제 정보, 환경정보 등을 포함한다.

종류별로 개인이 평생 만들어내는 정보의 크기를 보면 의료정보는 0.4테라바이트, 유전정보는 6테라바이트에 그치는 반면 외부정보는 1,100테라바이트나 된다. 이 세 가지 종류의 정보가 우리의 건강에 미치는 영향도 각각 10%, 30%, 그리고 60%로 차이가 크다.

이와 같이 가장 큰 비중을 차지하고 있는 외부정보는 현재 거의 활용이 안되고 있는데 그 이유는 여태까지 그런 정보를 측정할 수 있는 기술이 없었기 때문이다. 그러나 기술이 발전하면서 예전에는 의미 없이 버려졌거나 불완전하게 수집되어 활용이 불가능했던 데이터들이 이제는 측정 가능해지고 수집 가능해졌다(최윤섭, 2017).

외부정보는 의료전문가가 아닌 일반 사용자들이 스스로 만들어내는 건강정보이므로 ‘환자 유래의 건강정보(Patients Generated Health Data, PGHD)’라고도 부른다(Michael Shapiro et al, 2012). 미국의 국가 의료정보기술 조정국(The Office of the National Coordinator for Health Information Technology, ONC)에서는 ‘환자 유래의 건강정보’를 환자의 건강과 관련하여 환자나 보호자가 만들고, 기록하며, 수집한 정보로 정의하고 있다. 의료분야에서 이슈였던 정보 보안의 문제가 블록체인 기술로 해결 가능해지게 되면서 의료정보의 다양한 활용에 대한 논의가 활발히 진행되고 있다.

3.1.3 보건의료정보의 소유권

과학기술의 진화와 기술 융합으로 인해 여러 사업자 간 협력이 증가하게 되

면서 정보의 가치가 상승하고 더불어 소유권에 대한 관심도 높아지게 되었다. 의료분야의 경우 병원이 독점해서 보유하고 있던 의료정보의 공유나 활용에 대한 가능성이 논의되기 시작하면서 데이터 소유권에 대한 견해 차이가 나타나게 되었다.

의료정보는 민감한 개인정보이기 때문에 다른 정보보다 더 엄격하게 관리되는 대상이다. 따라서 병원에서 철저하게 관리하도록 하고 있고 외부로의 이동을 금지하여 정보 유출을 예방하고 있다. 그런데 의료정보에 블록체인 기술을 접목하게 되면 병원에서만 뿐만 아니라 외부에서도 철저하게 보안을 유지할 수 있다는 가능성이 제기되면서 누가 의료정보를 활용할 수 있는지, 그리고 그로 인한 이익의 수혜자가 누구인지에 대해 관심이 집중되었다.

작년 10월 국회 보건복지위원회 소속 정춘숙 의원(더불어민주당)은 보건복지위원회 종합감사에서 환자의 의료정보가 담긴 진료기록의 소유권 규정이 없으므로 정부 차원에서 조속히 진료기록 소유권 관련 규정을 마련해야 한다고 주장했다. 현재 의료정보에 대한 소유권 규정이 없어 자신의 의료정보를 열람하거나 사본을 발급하기 위해 몇 천원에서 몇 만원까지 의료기관에 지급하고 있다면서 환자의 질병 상태 등이 담긴 문서이지만 법적으로 환자의 소유도, 의료기관 또는 의료인의 소유도 아닌 상황이라고 말했다.

현재 의료법상에서는 의료기관이 진료기록을 보존하고 환자가 원할시 기록을 열람 및 사본 발급할 수 있도록 규정하고 있을 뿐 별도로 소유권에 대해 규정하고 있지 않다(김혜린, 2018).

의료행위는 의사와 환자간의 상호작용, 간호사와 환자간의 상호작용, 검사치료파트와 환자간의 상호작용 등 많은 상호작용들의 복합적 결과물이다. 한국의 의료상황을 고려해서 국민건강보험공단이나 건강보험심사평가원을 의료행위의 보이지 않는 주체로 들기도 한다. 이와 같이 의료정보는 한 사람의 행위에 의해 형성된 정보가 아니라 다자간의 상호작용에 의해 생성된 정보라고 할 수 있다(정창록, 2016).

의료정보는 환자가 진료비를 지불하고 받은 의료 서비스의 결과물임에도 불구하고 원본 의료정보에 대한 실질적인 소유권이나 접근권을 환자가 가지지 못하는 경우가 많다. 진료 기록의 경우에도 소유권이 환자에게 있는지 의료기관에 있는지 불분명한 측면이 있는데, 환자가 진료비를 부담하고 받은 서비스의 결과물이므로 환자의 소유물이라고 주장 할 수 있다. 달리 표현하면, 환자와 의료기관간에 성립된 의료계약에 따른 계약의 이행이라고 볼 수 있으므로, 의료비를 지불한 환자는 결과물을 의료기관으로부터 받을 채권이 있으며 의료기관은 결과물을 환자에게 지불할 채무를 진다고 볼 수 있다.

일부에서는 의료정보가 의료진이나 의료기관의 소유라고 주장하기로 하는데 이는 의료인의 전문적인 지식과 분석, 그리고 병원의 최신 의료기기를 사용하여 도출한 결과물이기 때문이다.

미국에서는 우리나라보다 먼저 의료정보에 대한 소유권 논쟁이 불거졌는데 아직도 완전히 결론이 내려지지 않은 상태이다. 각 주마다 관련 법규가 다를 뿐만 아니라 아직 관련 규정이 없는 주도 많다. 규정이 있는 주의 대부분은 의료정보가 의료기관이나 의료인의 소유로 명시되어 있다. 미국에서 법률로 의료정보가 환자의 것이라고 규정한 주는 뉴 햄프셔주 딱 한 곳뿐이다(Health Information & the Law Project, 2015).

전 국민 건강보험제도를 채택하고 있는 우리나라의 의료는 공공성의 성격을 강하게 띤다. 전 국민을 대상으로 나이에 따라 맞춤형 건강검진을 제공하고 있으며, 국민의 전반적인 건강수준을 높이기 위해 국가적인 노력을 기울인다. 연구를 통해 의학을 발전시키기 위해서는 우리나라 국민의 의료정보가 필요하기 때문에 의료 빅데이터는 궁극적으로 우리나라의 의료수준을 향상시키기 위한 토대가 된다고 볼 수 있다. 그러나 개인의 민감정보인 의료정보는 유출의 위험이 있기 때문에 의료 빅데이터의 활용성은 제한적이었다. 만약 보안의 문제가 블록체인으로 해결된다면 의료기관이나 개인의 차원을 넘어서 국가적 차원이나 초국가적 차원에 이르기까지 보편적 건강수준을 높이기 위한 의료정보의 다양한 활용이 가능할 것으로 보인다.

3.1.4 의료정보보호 관련 법률

블록체인은 정보주체의 권리향상과 데이터 보안 및 활용을 위한 기술이지만 현 법률과 상충되는 부분이 많다. 의료정보를 다룰 때는 「개인정보 보호법」 뿐만 아니라 「생명윤리 및 안전에 관한 법률」과 「의료법」을 같이 고려해야 한다. 개인정보는 최소한으로 수집해야 하고 정해진 기간 동안만 보유해야 하며 목적이 달성되었거나 보존기한이 경과한 정보는 폐기되어야 한다. 정보를 활용할 때는 언제나 정보주체의 동의가 필요하며 제3자에게 개인정보를 제공시에는 기본적으로 익명화해야 한다. 정보주체가 개인정보의 정정 및 삭제·파기가 가능해야 하고 개인정보 처리로 인해 개인의 피해가 발생한 경우 이를 신속하고 정당하게 구제할 수 있어야 한다.

이러한 법률적 규정들은 모든 정보가 투명하게 공개되어 누구든 확인할 수 있고 한번 기록되면 수정이나 삭제가 불가하여 영구적으로 존재하게 되며 중개자가 없이 당사자 간 스마트계약이 가능한 블록체인의 일반적인 특성을 고려해보면 그 기준에 부합하기 어렵다. 또한 「개인정보 보호법」에서는 개인정보를 “해당 정보만으로는 특정 개인을 알아볼 수 없더라도 다른 정보와 쉽게 결합하여 알아볼 수 있는 것을 포함한다.”고 명시하고 있어 어디까지를 개인정보로 볼 것인지에 대해서는 논란의 여지가 있다.

유럽연합(EU)의 개인정보보호법(General Data Protection Regulation, 이하 “GDPR”이라 한다)은 디지털 경제 활성화와 개인정보 보호 사이에 균형을 맞추기 위해 기존의 유럽연합 내에 산재해있던 개별 개인정보보호법을 통합하고 개정하여 2018년 유럽연합 전역에서 시행된 제도이다. GDPR은 유럽연합 국민의 개인정보를 처리하는 모든 기업 즉, 역외의 기업에도 적용되는 제도로 위반 시 최대 전년도 글로벌 매출액의 4%까지 벌금으로 부과할 수 있도록 명시한 법률로 개인정보처리 기준이 매우 높게 설정되어 있다. 주요 내용은 정

보주체인 개인의 권리를 확대하기 위한 데이터 삭제권과 이동권 등의 법제화이다. GDPR은 구속력이 있는 법률로서 EU의 모든 회원국에 적용되며 민감 정보인 경우 연구 목적인 경우를 제외하면 원칙적으로 처리를 금지하고 있다. 민감 정보에는 유전자 정보, 생체 정보, 건강정보, 성관련 정보가 포함된다(정일영 외, 2018).

GDPR에서 제시한 개인정보 처리 6대 원칙은 적법성·공정성·투명성(Lawfulness, fairness and transparency), 목적 제한(Purpose limitation), 데이터 최소화(Data minimisation), 정확성(Accuracy), 보관기한 제한(Storage limitation), 무결성·기밀성(Integrity and confidentiality) 이다(European Union, 2016).

GDPR에서 제시한 항목 중에는 블록체인의 원칙적인 기술과 상충되는 조건들이 많은데 정보 제공 주체가 정보 처리에 대해 제한을 요구할 수 있는 ‘개인 정보의 처리제한권’, 본인의 개인정보를 다른 개인정보 처리자에게로 이동을 요구할 ‘개인정보 이동권’, 본인의 개인정보 처리를 거부할 ‘반대권’, 본인의 정보에 대해 삭제를 요구할 ‘삭제권’ 등이 그것이다. 또한 ‘정보 수집의 최소화’, ‘허가받은 사람만 정보에 접근할 권리’, ‘개인정보를 처리하는 주체인 컨트롤러(Controller)의 존재’ 등의 조건도 특히 퍼블릭 블록체인 내에서는 충족되어 구현되기 어렵다.

그러나 퍼블릭 블록체인 같은 공개 블록체인의 경우 거버넌스 구조나 합의 알고리즘에 따라 컨트롤러 여부가 달라질 수 있고, 프라이빗 블록체인 같은 비공개 블록체인의 경우에는 시스템 운영자가 컨트롤러에 해당한다고 볼 수도 있어 초기에 블록체인 알고리즘을 설계할 당시부터 GDPR의 원칙을 염두에 두고 알고리즘을 고안하는 것이 필요하다(정일영 외, 2019).

영국 금융감독청(Financial Conduct Authority, FCA)에서도 이와 같은 문제를 인식하고 금융권에서 블록체인 기술을 활용 시 GDPR과 관련되어 발생할 수 있는 문제점과 GDPR을 준수하면서 블록체인을 활용하는 방안에 대한 보고서인 ‘분산원장기술(Distributed Ledger Technology)’를 발간하였다. 영국 금융감독청은 GDPR를 대비하기 위해 많은 변화가 필요하겠지만, GDPR과 블록

체인(분산원장기술)의 결합은 기업이 개인정보를 수집, 저장 및 처리하는 방식을 개선할 수 있는 잠재력이 있고 결론적으로 고객의 이익을 크게 향상시킬 수 있을 것이라 판단하였다(FCA, 2017; 정일영 외, 2019).

2019년 2월 15일 시행된 「스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률」 제37조(익명처리된 개인정보의 활용에 대한 다른 법령의 배제) 항목에 의하면 국가시범도시 내 스마트도시 서비스 제공자 등은 수집된 개인정보의 전부 또는 일부를 삭제하거나 대체하여 다른 정보와 결합하는 경우에도 더 이상 특정 개인을 알아 볼 수 없도록 익명처리하여 정보를 활용하는 경우에는 「개인정보 보호법」, 「위치정보의 보호 및 이용 등에 관한 법률」, 「정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률」의 적용을 받지 아니한다고 되어있다.

또한 4차 산업혁명위원회는 ‘개인정보의 보호와 활용의 균형 방안’에서 빅데이터 산업을 키우기 위해 ‘익명정보’를 「개인정보 보호법」 적용 대상에서 제외하겠다고 발표했다. 현재 ‘식별정보’와 ‘비식별정보’로 구분되어 있는 개인정보를 ‘개인정보’, ‘가명정보’, ‘익명정보’로 구분해 정비하기로 한 것이다. 이에 대한 구체적인 내용은 부처 조율과 국회의 입법 절차를 통해 진행되어야 한다.

즉, 우리나라에서도 익명화된 개인정보는 법률의 제한을 받지 않고 소유권의 논쟁 없이 활용이 가능하게 될 전망이다. 물론 ‘개인정보’, ‘가명정보’, ‘익명정보’에 대한 정의가 어떻게 규정될지, 그리고 언제쯤 법률이 개정될지는 지켜봐야하겠지만 4차 산업혁명 시대를 맞이하여 정보 활용의 길이 법적으로 열리고 있다는 점에서 의미가 있다고 하겠다.

3.2 보건의료정보의 표준화

블록체인은 암호화폐인 비트코인의 기반기술로 세상에 알려졌지만 오히려 블록체인에 대한 이해를 막고 쉽게 다가가지 못하게 하는 것 중 하나가 바로 암

호화폐이다. 암호화폐는 블록체인의 생태계를 유지하기 위한 에너지원으로써 역할을 하는 것인데 암호화폐에 대한 지나친 사회적 관심과 투기의 대상이라는 선입견 때문에 블록체인 기술 자체의 본질에 쉽게 다가가지 못하게 한다(김용태, 2018).

김현수, 권혁준(2018)은 ‘보험 산업의 블록체인 활용’ 연구에서 보험산업에 블록체인 기술을 도입하는데 근본적인 제약 요소를 꼽았는데 그것은 계약조건의 복잡성, 도입 비용, 관련 규제이다. 조건이 단조로운 경우 계약조건으로 설정하고 스마트계약을 진행하기 쉽지만 의료보험의 경우 그렇게 간단하지 않은 경우가 많은데 많은 계약내용과 특약을 개별적으로 설정하기가 쉽지 않기 때문이다. 블록체인 기술은 비용절감의 장점이 있지만 기존의 시스템에서 블록체인으로의 전환 비용을 고려해야 한다. 또한 개인정보 여부를 판단할 수 있는 명확한 기준이 없으며 개인정보보호법과 충돌을 일으킬 위험이 있다. 그리고 중개자 역할을 하는 제3자가 없으므로 문제발생시 분쟁할 대상이 없다는 문제가 존재한다.

앞서 현재 병원 중심의 의료시스템의 문제 중 하나로 지적된 ‘표준화되지 않은 의료정보’에 대한 문제도 역시 블록체인을 의료분야에 적용하는데 제약사항으로 작용하고 있다. 블록체인을 통한 의료정보의 소유, 관리, 공유 및 활용을 위해서는 어느 기관에서 작성된 기록이나 결과라 할지라도 그것이 의미하는 것이 무엇인지 한 번에 알 수 있도록 동일한 기준을 통한 표준화가 선행되어야 한다.

블록체인을 의료분야에 적용하기 위해 존재하는 많은 제약사항 중 가장 큰 요인을 최대 3가지를 고를 수 있도록 설문을 진행한 결과 ‘엄격한 의료정보보호 관련 법률’을 제약사항으로 꼽은 연구대상자가 전체 38명 중 24명(63.16%)으로 가장 많았다. ‘의료정보의 비표준화/비정형화’를 제약사항으로 꼽은 연구대상자는 전체 38명 중 22명(57.89%)이었고 ‘이해 당사자 간의 이해충돌’을 제약사항으로 꼽은 연구대상자는 전체 38명 중 20명(52.63%)이었으며, ‘현 블록

체인 기술의 한계’를 제약사항으로 꼽은 연구대상자는 전체 38명 중 15명(39.47%)이었다. ‘블록체인 기술에 대한 보건의료분야 종사자의 낮은 이해도와 수용의도’를 제약사항으로 선택한 연구대상자는 전체 38명 중 11명(28.95%)이었으며, ‘블록체인 도입에 대한 낮은 필요성’은 전체 38명 중 6명(15.79%), ‘비용 대비 낮은 효율성’은 전체 38명 중 5명(13.16%)이 의료분야에 블록체인 적용 시 제약사항이라고 꼽았다.

< 표 16 > 의료분야에 블록체인 적용 시 제약사항

* 복수응답 가능

블록체인 적용 시 제약사항	명수(명)	백분율(%)
엄격한 의료정보보호 관련 법률	24	63.16
의료정보의 비표준화/비정형화	22	57.89
이해 당사자 간의 이해충돌	20	52.63
현 블록체인 기술의 한계	15	39.47
블록체인 기술에 대한 보건의료분야 종사자의 낮은 이해도와 수용의도	11	28.95
블록체인 도입에 대한 낮은 필요성	6	15.79
비용 대비 낮은 효율성	5	13.16

우리나라의 빅 5 병원인 서울아산병원, 삼성서울병원, 서울대병원, 신촌 세브란스병원, 서울성모병원만 하더라도 서로 다른 전산프로그램을 개별적으로 개발해서 사용하고 있다. 처음부터 서로 다른 플랫폼의 프로그램을 자체 개발하여 사용하다보니 여러 병원에 있는 환자의 의료정보를 한 데 모으고 해석하고 공유하고 활용하는데 어려움이 있다. 의료정보가 표준화 되어있지 않아 시스템 간 소통이 되지 않기 때문에 의료기관 간뿐만 아니라 개인이 자신의 의료정보를 소유하거나 관리하는 것이 어렵고 공유나 활용도 어려운 실정이다.

의료정보 분야에서 병원의 의료정보 공유와 활용을 위해서는 표준화가 되어 있어야 하는데 표준화 분야는 각종 검사코드나 수술코드 등을 나타내는 정보 단위 표준화, HL7(Health Level 7)처럼 의료정보를 교환하는 방식의 표준화, 의료 정보처리 및 구조화를 위한 표준화로 구분할 수 있다(김창수, 2008). HL

7은 다양한 의료정보시스템 간 정보의 교환을 위해 1994년 미국국립표준연구소(American National Standards Institute, ANSI)가 인증한 의료정보 교환 표준규약으로 호환성이 없는 여러 프로그램 사이에 데이터 교환을 올바르게 하기 위한 표준안이다. 시스템 간의 자료전송을 최대한 효율적으로 수행하고 전송 중 오류를 최소화 할 수 있는 표준의 정립을 목표로 한다(김성현 외, 2010; 최진욱, 2000). HL7의 원리는 병원에서 발생하는 모든 행위들(입·퇴원, 처방, 수술 등)에 대하여 메시지로 정의하고, 의료 행위가 발생 시 해당 메시지를 생성하여 전송하는 것이다(정용식, 2012). HL7은 현재 미국을 비롯하여 전 세계적으로 널리 쓰이고 있는 의료정보 국제 표준이며(한현욱, 2018; 조재형, 2018), 병원 간 환자의 진료정보를 교류할 수 있는 시스템을 구축하기 위해 사회보장정보원에서 진행하고 있는 진료정보교류 사업도 이를 표준으로 제시하고 있다.

의료법 제23조의 2(전자의무기록의 표준화 등)에도 전자의무기록의 표준화에 대한 규정이 신설되어 있으나 권고사항이며 시스템 관리부분의 표준화에 대한 내용이 주를 이루고 있다. 시스템 간 호환성 등에 대한 언급도 있으나 의료정보의 내용이나 형식에 대한 표준화 지침은 아직 구체적으로 제시하지 못하고 있는 실정이다.

따라서 표준화를 할 수 있는 기준을 규정하여 그 기준에 따라 각 병원의 의료정보시스템 간 호환이 가능해져야 한다. 진단명의 경우에는 한국표준질병·사인분류(KCD)이나 국제질병분류기호(ICD)를 활용하여 기준으로 삼을 수 있다. 수술이나 검사의 경우에는 의료기관에서 건강보험심사평가원에 전자문서 교환 시스템으로 전송할 때 사용하는 EDI 코드를 활용하는 방안을 고려해볼 수 있다.

4. 의료서비스의 다양화 및 업무의 변화

4.1 의료서비스의 다양화

의료서비스는 지금과는 다른 양상으로 진화해나갈 것이다. 최신 기기의 새롭고 편리한 기능들이 어떤 IT 기술이 사용되어 구현된 것인지 모르면서도 자연스럽게 이용하는 것처럼 블록체인 기술 역시 다양한 형태로 보건의료분야에 녹아 활용될 것이다.

의료분야는 정보의 민감성과 공공성을 목적으로 하는 것이 특징인 분야로 다른 분야와는 다르게 고려해야 할 제도적, 사회적 요소가 많다. 이에 따라 질병을 예방하고 치료하기 위해서는 다양한 연구가 활발히 진행되어야 함에도 불구하고 오히려 다른 분야보다 연구를 함에 있어 제약이 많은 분야이기도 하다. 블록체인은 신뢰성과 투명성, 보안성의 특성이 있기 때문에 필요한 연구들을 위해 민감한 개인정보를 활용하면서도 보안을 유지할 수 있게 된다. 또한 스마트계약으로 인해 다양한 건강증진 프로그램의 진행이 가능하며 그로인해 사업자는 보안 처리된 건강정보를 얻고 사용자는 보상을 얻음으로써 다양한 방법으로 건강증진 행위를 하도록 유도할 수 있다.

우리나라는 사회적으로 인구의 노령화가 급속히 진행되고 있어 이미 2017년에 만 65세 이상의 고령인구가 전체 인구의 14%를 넘겨 고령사회로 들어섰다. 이는 통계청에서 예상했던 노령사회로의 진입시기보다 앞당겨진 것이다. 고령화가 진행될수록 사회 부담이 커지게 되는데 특히 의료분야에서의 부담이 커지게 된다. 건강보험료를 지불하지 않는 인구의 비중이 증가하는데 그 인구가 소비하는 의료비가 전체 의료비의 많은 부분을 차지하게 되므로 현 병원 중심의 의료시스템을 그대로 유지하기엔 많은 어려움이 예상된다. 현재 우리나라는 원격진료가 금지되어 있지만 원격진료를 포함하여 우리나라의 현황에 맞게 그들을 케어할 수 있는 방안을 고안해야 한다.

과학기술의 발달로 현재 대부분의 기계에는 인터넷 기능이 포함되어있어 소통이 가능하다. 또한 IoT가 스마트 시티나 홈 IoT에 다양하게 적용되어 있는 상태로 의료와 관련된 기기에도 IoT와 더불어 블록체인을 접목시키면 개인의

상태를 정확히 파악하고 건강을 증진할 수 있도록 보상으로 유도하는 기능을 할 수 있을 것이다. 이런 다양한 형태의 의료서비스는 일개 병원이나 사업체, 스타트업이 주체가 되어 시작할 수도 있지만 국가에서 국민의 건강증진을 위한 사업의 일환으로 활용할 수도 있다. 간단한 건강증진행위나 스스로 하는 의료행위에 대해서는 굳이 사람이 중간에서 개입하지 않아도 스마트계약에 프로그래밍된 대로 스스로 진행할 수 있도록 알고리즘을 고안할 수 있다.

4.2 업무의 변화

블록체인을 제대로 이해하려면 최소 10개 이상의 학문을 이해하고 있어야 한다고 한다. 컴퓨터공학, 프로그래밍, 암호학 뿐만 아니라 경제학, 경영학, 금융학, 사회학 등의 다양한 분야의 지식이 필요하다. 블록체인 기술은 오픈소스로 관심 있는 개발자라면 어렵지 않게 따라할 수 있지만 정말 어려운 것은 기술이 아니라 블록체인의 본질과 실체를 파악하는 일이라고 할 수 있다(김용태, 2018). 의료분야에 블록체인을 적용하기 위해서는 앞에서 나열한 다양한 학문에 대한 이해에다가 의료분야의 전문지식도 필요하다. 기술 자체를 이해하기 보다는 블록체인의 개념을 이해하고 그를 통해 미래를 그릴 수 있는 통찰력과 창의력이 요구되는 것이다.

점차 의료분야의 전문가이면서 동시에 블록체인을 이해할 수 있는 전문 인력에 대한 수요가 증가할 것이다. 블록체인은 이미 정의되어있는 특정한 영역에서만 활용될 기술이 아니라 모든 보건의료분야에서 활용이 가능한 기술이다. 중개자가 없어도 신뢰할 수 있고 위·변조가 불가능한 기록이나 이력이 생성된다. 이런 구조는 다양한 의료분야에서 불필요한 검수 인력과 시간을 획기적으로 줄일 수 있다. 또한 원하는 건강행위를 했을 때 보상을 해줌으로써 강화 효과를 기대할 수 있어서 의료분야의 블록체인 기반 알고리즘을 고안하고 스마트계약 전체 프로세스의 오류를 검수하는 업무에 대한 수요가 증가하게 될 것으로 보인다. 이를 위해서는 의료의 실무적인 전문 지식뿐만 아니라 블록체

인 기술과 현 의료전산시스템, 그리고 법률에 이르기까지 다방면의 지식을 겸비한 전문가의 아이디어가 필요하다.

임상에서는 정해진 업무를 정해진 시간에 수행하고 적절하게 기록하는 것이 더 중요해진다. 모든 기록은 타임스탬프가 찍혀서 저장되기 때문에 추후에 시간을 변경하거나 기록을 수정 및 삭제하는 것이 불가능하다. 업무 편의상 한꺼번에 기록을 몰아서 작성하고 나중에 시간을 변경하거나, 임시로 작성해 놓은 내용을 추후 수정하는 일이 어려워지며 모든 이벤트는 그 즉시 이력으로 남게 된다.

약품이나 물품에 대한 이동경로가 투명하게 관리되고 쉽게 확인이 가능해짐에 따라 신약이나 신의료기기 출시 후 일정기간동안 자료제출을 의무화하면 부작용 발생 모니터링을 위한 신속하고 정확한 자료 수집을 용이하게 할 수 있다. 부작용이나 특이증상이 발생한 약품이나 의료기기 및 의료소모품 등에 대한 현황 파악 및 리콜작업이 신속하게 진행 된다. 또한 약품이나 물품이 적용된 환자의 성별이나 연령, 질병력, 지역 등에 대한 정보와 대조하여 증상 발현과의 연관성을 연구하는 것이 가능해지며 위험 노출 예방 및 위험 확산 조기 방지 등에 대한 대처가 가능해진다.

한편, 기록의 정확성을 검증하는 업무에 대한 수요는 줄어들 것으로 예상된다. 병원에서는 수납을 하거나 영수증, 의무기록 사본 등을 발급해주거나 검사 영상을 CD에 담아주는 등 원무·의무기록 분야의 환자 응대 업무가 줄어들게 될 것이다. 보험회사에서는 명확한 기준에 따른 스마트계약 수행으로 인해 보험심사를 위한 인력의 수요가 감소하고 자동화된 신속한 보험금 청구시스템이 구현될 것이다.

VI. 고찰 및 결론

1. 고찰

보건의료분야는 공공성을 중요시하며 정부차원에서 정책이나 수가를 규제하고 관리하는 분야이다. 또한 질병 예방 및 치료를 위한 연구뿐만 아니라 응급 상황이나 치료의 연속성 유지를 위해서라도 의료정보 통합 및 공유가 필요하지만 민감한 정보의 특성상 이동이나 활용이 엄격히 제한되어 있는 분야이기도 하다. 따라서 이런 보건의료분야의 특성을 고려하여 기존의 블록체인을 그대로 적용할 것이 아니라 보건의료시스템에 맞는 새로운 형태의 블록체인을 고안해야 한다.

블록체인은 기존의 기술과 상충되는 기술이 아니다. 오히려 현존하는 시스템의 단점을 보완하고 다양한 형태로 확산하는 것을 가능하게 하는 기술이다. 그러므로 지금 당장 현존하는 시스템을 대체하려는 시도를 하기 보다는 다양한 세부 분야에 시범적용 해봄으로써 현 의료정보시스템을 더 활성화할 수 있는 방법을 고민해볼 필요가 있다.

블록체인 기술에 대한 견해는 사람에 따라 서로 상반되는 경우가 많은데, 전문가의 경우에도 마찬가지라는 것을 본 연구를 통해 알 수 있었다. 블록체인 기술의 보건의료분야 적용에 대해 활용가능성이나 적용가능성을 긍정적으로 보는 전문가가 있는 반면, 회의적으로 보고 현존하는 문제의 해결가능성이나 효율성, 필요성 등에 대해 의문을 갖는 전문가도 있었다.

블록체인은 이제 겨우 발전의 초기 단계에 있는 기술이며 처음 알려진 형태로 고정되어 있는 것이 아니라 수없이 다양한 모습으로 끊임없이 진화 중인 기술이다. 따라서 현재 어떤 모습인지 보다 앞으로 어떤 모습으로 변할지, 그리고 어떤 모습으로 발전시킬지에 대해 고민할 필요가 있다.

2. 결론

본 연구는 보건의료분야에 블록체인 기술을 활용하기 위한 방안을 모색하기 위하여 문헌고찰을 통해 질문을 도출하고 델파이 기법을 이용하여 전문가를 대상으로 활용 방안에 대한 의견을 설문지를 통해 취합하여 연구 결과를 도출하는 방법으로 진행되었다.

연구결과 의료분야에 적용 시 고려할만한 블록체인의 가장 큰 장점으로 38명 중 17명(44.74%)이 ‘의료정보의 무결성(위·변조 불가능)’을 꼽았고, 의료분야에 블록체인과 융합하기 좋은 IT 기술은 38명 중 17명(44.74%)이 ‘빅데이터’라고 답했다. 의료정보의 소유권은 38명 중 33명(86.84%)이 ‘개인(환자)’에게 있다고 응답했고, 의료분야에 블록체인을 접목함으로써 이익을 보게 될 것으로 예상되는 집단은 38명 중 21명(55.26%)이 ‘개인(환자)’이라고 답했다. 현재 의료시스템의 가장 큰 문제점은 38명 중 12명(31.58%)이 ‘환자 자신의 의료정보 소유 및 관리 불가’를 꼽았고, 블록체인 적용 시 현존하는 의료시스템의 문제가 해결될 것으로 예상하는지에 대해서는 38명 중 19명(50%)이 긍정적으로 보았다. 의료분야에 블록체인 적용 시 제약사항에 대해 38명 중 24명(63.16%)이 ‘엄격한 의료정보보호 관련 법률’을 꼽았고, 블록체인의 기술적 특성이나 한계점 중 가장 큰 고려사항으로는 38명 중 14명(36.84%)이 ‘한번 기록을 올리면 수정, 삭제가 불가함’을 꼽았다. 블록체인을 적용 가능한 블록체인 세부 분야로는 ‘의료정보 병원 간 공유’, ‘자신의 의료정보 소유, 관리 및 활용’, ‘전자 처방전 발행’, ‘타임스탬프를 통해 병원 의료정보의 악의적 위·변조 방지’, ‘(실손)의료보험 간편 가입, 청구 및 심사’, ‘개인의 유전자정보 저장 및 활용’, ‘의약품의 품질관리 및 고위험 의약품의 투명한 사용 관리’, ‘개인이 생산해내는 건강정보의 가치부여 및 활용’, ‘전자 건강보험증’, ‘임상시험의 결과 조작 방지’, ‘암호화폐 보상을 기반으로 한 의료전문가의 인터넷 상담’, ‘외국인 환자 원격진료 후 암호화폐로 진료비 결제’ 등이 있었고, 그 중에서 38명 중 32명

(84.21%)이 ‘의료정보 병원 간 공유’ 분야가 블록체인을 적용하기에 적합하다고 응답했다.

보건의료분야에 블록체인을 활용하게 되면 보건의료종사자의 업무형태는 정확한 시간에 적절한 기록을 작성하는 것에 대한 중요도가 증가할 것이며, 검수에 소요되는 인력의 수요가 감소할 것이다. 의료서비스는 활발한 빅데이터의 활용을 기반으로 한 폭넓은 연구와 다양한 형태의 스마트계약을 통한 의료서비스가 제공될 것으로 예상된다.

보건의료분야에는 의료정보와 관련된 것뿐만 아니라 약 처방전, 실손의료보험 청구, 전자 건강보험증, 의약품 품질 및 사용이력 관리, 임상시험이나 의료상담 등 블록체인 기술을 활용할 수 있는 분야가 많다. 또한 이 분야에서 블록체인을 활용하기 위해 필요한 전문가는 소프트웨어개발자 뿐만 아니라 의료인, 법조인, 경영인, 정보보호전문가, 데이터전문가, 정밀의료전문가, 임상시험전문가 등 다양하다. 그들의 의견을 직종별로 나눠서 보건의료분야에 블록체인 적용에 관한 견해의 차이를 분석하고 싶었으나 본 연구에서는 직종별 샘플수가 적어 분석이 불가능했다는 한계점이 있었다.

따라서 다음 연구에서는 본 연구에서 제시된 보건의료분야의 블록체인 활용방안 중 특정 분야에서의 실증연구가 진행될 수 있길 기대한다. 해당 세부분야에 직접적인 업무연관성이 있는 다양한 전문가를 대상으로 구체적인 구현방안에 대한 실증적 연구가 여러 분야에서 진행되기를 기대한다. 한 가지 실증 사례에 대한 직종별 견해 차이를 통합하여 연구하면 다각적인 접근을 통한 해결방안의 도출이 가능할 것으로 예상된다. 본 연구가 다음 연구를 위한 통찰력과 창의력을 유발하는 촉매제가 될 수 있길 바란다.

참 고 문 헌

1. 국내 문헌

한현욱. 블록체인 기술의 의료분야 활용 현황 및 정책제언. KHIDI 전문가 리포트. 2018.

한국은행 금융결제국. 분산원장 기술의 현황 및 주요 이슈. [서울]: 한국은행 금융결제국; 2016.

한국과학기술원 문술미래전략대학원, 한국과학기술원 미래전략연구센터. 카이스트 미래전략 2019. 파주: 김영사; 2018.

돈 탭스콧, 알렉스 탭스콧, 박지훈. 블록체인 혁명. 서울: 을유문화사; 2018.

최한준. 헬스케어 산업에서의 블록체인 기술의 활용. 보건산업 브리프. 2017;Vol.236 (한국보건산업진흥원).

최진욱. 의료정보 공유를 위한 표준화기술의 동향. 지식정보인프라. 2000;3(-):84-9.

최윤섭. 23andMe, 막대한 데이터의 힘! 최윤섭의 Healthcare Innovation2018.

최윤섭. 디지털 의료는 어떻게 구현되는가. 최윤섭의 Healthcare Innovation2017.

최원희. 사회복지 수퍼비전의 중요성공요인에 대한 델파이 및 AHP분석. 한국사회복지행정학. 2010;12(3):75-111.

최병삼, 오승환, 장필성, 양현채, 이제영, 임수연, 외. 2017년 국내외 과학기술혁신 10대 트렌드. 과학기술정책. 2017;-(222):14-35.

진재현, 고금지. 블록체인(Blockchain) 기술 동향 및 보건복지 정보통계 분야 활용 방향. 보건복지포럼. 2018;258(-):96-106.

조재형. 블록체인을 활용한 Clouding 환경에서 PHR 구축. 서울: 서울대학교 대학원; 2018.

정창록. 유전체맞춤의료를 둘러싼 인체유래물 및 인간유전체 정보의 도덕성 논쟁 - 잊혀질 권리와 공유할 의무를 중심으로. 의료법학. 2016;17(1):45-105.

정일영, 이명화, 김지연, 김가은, 김석관. 유럽 개인정보보호법(GDPR)과 국내 데이터 제도 개선방안. STEPI Insight. 2018;-(227):1-38.

정일영, 김지연, 김가은, 김석관, 최병삼. 유럽 개인정보보호법(GDPR)의 산업적 파급 효과와 혁신기술 이슈 분석. STEPI Insight. 2019;-(233):1-30.

정용식. 의료정보시스템 구축을 위한 의료정보 표준에 관한 연구. 한국산업정보학회논문지. 2012;17(7):167-75.

임준. 데이터 소유권 관련 논의. KIRI 리포트 이슈분석. 2019.

이중성. 델파이 방법. 서울: 교육과학사; 2001.

이은환, 김욱. 질병예방과 건강수명연장을 위한 지역사회 공공 스마트 헬스케어 모델 구축. 이슈&진단. 2018;-(331):1-25.

이수현, 김혜리, 홍승필. 개인정보보호를 고려한 블록체인 데이터 설계 방안 연구. 한국통신학회 학술대회논문집. 2018;2018(1):478-9.

이성웅. Delphi技術豫測技法의 有用性에 關한 研究. 전주: 全北大學校; 1987.

윤광석. 4차 산업혁명 시대 정보기술을 활용한 행정서비스 혁신방안 연구. 기본연구과제. 2018;2018(-):6112-537.

유형원, 이은솔, 고우균, 한호성, 한현욱. 헬스케어 빅데이터 유통을 위한 블록체인기술 활성화 방안. 한국빅데이터학회 학회지. 2018;3(1):73-82.

유거송, 김경훈. 블록체인. KISTEP 기술동향브리프. 2018;1호(한국과학기술기획평가

원).

오성원, 박수민, 홍승필. 사례연구를 통한 안전한 블록체인 도입에 대한 제언. 한국통신학회 학술대회논문집. 2017;2017(6):131-2.

오서영, 이창훈. 부동산 시장의 신뢰성 향상을 위한 블록체인 응용 기술. 한국전자거래학회지. 2017;22(1):51-64.

양승현, 염홍열. 킬러드 코인에 기반한 의료시스템 스마트 계약 방식 제안. 아산: 순천향대학교 대학원; 2017.

안태현, 정용규. 블록체인을 이용한 의료정보시스템 연구. 대한전자공학회 학술대회. 2017;2017(6):1324-6.

서울특별시. 스마트시티 서울 전략계획 수립 계획. 2018.

4차 산업혁명위원회. 개인정보의 보호와 활용의 균형 방안. 2018.

보건산업진흥원. 헬스케어 산업에서 블록체인 기술의 활용. 2017.

백승수. 의료 정보 공유 환경에서 환자 익명성 보존 프레임워크에 대한 연구. 서울: 고려대학교 정보보호대학원; 2018.

배주미, 박현진, 천석준. 공적서비스 영역에서 청소년상담의 미래 전망에 대한 전문가 델파이 조사. 청소년상담연구. 2010;18(1):25-42.

박정홍. Private 블록체인 특성이 의료분야 수용의도에 미치는 영향. 서울: 성균관대학교 일반대학원; 2018.

박정홍. 의료산업 블록체인 도입을 위한 연구. 한국콘텐츠학회논문지. 2018;18(6):155-68.

박정국, 김인재. 금융분야의 블록체인기술 활용과 정책방향에 관한 연구. 한국IT서비스학회지. 2017;16(2):33-44.

박용범. 블록체인 에스토니아처럼. 서울: 매일경제신문사; 2018.

박상철. 데이터 소유권 개념을 통한 정보보호 법제의 재구성. 법경제학연구. 2018;15(2):259-77.

박경준. 알기 쉬운 연구방법론(25) : 리얼타임 델파이(Real-time Delphi)기법: 익명성이 보장된 전문가 예측. 국토 : planning and policy. 2008;317(-):132-9.

명승환. 국민공감 서비스혁신. 행정포커스. 2018;131:48-53.

로랑 룰루, 김세은. 블록체인. 서울: 북플러스; 2018.

다이벨 드레셔, 이병욱. 블록체인 무엇인가? 서울: 이지스; 2018.

노승용. 알기 쉬운 연구방법론 7 : 델파이 기법(Delphi Technique): 전문적 통찰로 미래예측하기. 국토 : planning and policy. 2006;299(-):53-62.

노구치 유키오, 장인주. 비트코인 & 블록체인의 미래. 서울: 경향BP; 2018.

김희승, 염후권, 최희송. 한국블록체인기술금융. (알기 쉬운) 암호화폐 용어 첫걸음. 서울: 중앙경제평론사; 2018.

김혜린. 환자 의료정보 담긴 진료기록, 누구의 소유인가. 마인드포스트2018.

김헌수, 권혁준. 보험 산업의 블록체인 활용 : 점검 및 대응. 보험연구원 연구보고서. 2018;2018(24):1-100.

김태성, 김우진, 이도윤, 김일곤. 블록체인 네트워크 기반에서 FHIR를 활용한 감염병 환자 진료 정보 공유 시스템. 한국정보과학회 학술발표논문집. 2016;2016(6):2053-5.

김창수. 의료정보 표준에 관한 연구 : 표준화 분석 및 전망. 방사선기술과학. 2008;31(1):1-10.

김용태. 블록체인으로 무엇을 할 수 있는가? 서울: 연암사; 2018.

김옥주. 의생명연구윤리. 서울대학교 의과대학 인문의학교실 제 10회 의학학술지 편집인 아카데미. 2016.

김열매. 블록체인 이상과 현실, 어디쯤 와 있나. 한화투자증권 ISSUE. 2018.

김신정, 김하은, 염용진. 블록체인의 금융업에 상용화에 따른 이슈. 한국통신학회 학술대회논문집. 2017;2017(6):602-3.

김성현, 김민우, 오암석, 김관형, 강성인. U-헬스케어 시스템의 의료정보 표준화 기술에 관한 연구. 한국멀티미디어학회 학술발표논문집. 2010;2010(2):207-10.

김석원. 블록체인 펼쳐보기. 고양: BJpublic; 2017.

김정훈. 블록체인 기반 의료산업 혁신. KHIDI 전문가 리포트. 2018.

권혁준, 최재원. 블록체인을 이용한 의료 정보시스템의 보안. 한국지능정보시스템학회 학술대회논문집. 2018;2018(6):30-1.

국회. 초연결사회의 핵심고리 블록체인 총분석. Fact book. 2018;Vol.69.

국회. 가상화폐 대책부. Fact book. 2018;Vol.66.

국민건강보험공단. 건강보험환자진료비실태조사. 2017.

곽규만. 지문인식을 결합한 임상시험 피험자 관리체계 강화 프로세스. 서울: 숭실대학교 정보과학대학원; 2015.

과학기술정보통신부, 한국과학기술기획평가원, Kistep. 블록체인의 미래. 서울: 과학기술정보통신부; 2018.

과학기술정보통신부. 블록체인 기술 발전전략. 2018.

강영호, 윤석준, 강길원, 김창엽, 유근영, 신영수. 텔레파이를 적용한 암연구수준의 평가. Journal of Preventive Medicine and Public Health. 1998;31(4):844-56.

KISTI. 블록체인. 2017.

CNS LG. 생명보험업권 블록체인 플랫폼 구축 및 블록체인 기반 혁신과제 구현 사업. 2018.

2. 국외 문헌

Zimmer, D. Property Rights Regarding Data?: Münster Colloquia on EU Law and the Digital Economy III. 2017. p. 101-8.

Delbecq Andre, Andrew Ven, David Gustafson. Group Techniques for Program Planning: A Guide to Nominal Group and Delphi Processes 1986.

Erio Ziglio, Michael Adler. Gazing into the oracle : the Delphi method and its application to social policy and public health. England: London ; Bristol, Pa. : Jessica Kingsley Publishers; 1996.

EU Blockchain Forum. Blockchain and the GDPR. 2018.

European Parliament, Union CotE. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation). 2016.

FCA. Distributed Ledger Technology Feedback Statement on Discussion Paper for the purposes of Regulation 2016/67. 2017.

Frost & Sullivan. Blockchain creating growth opportunities and challenges healthcare. 2018.

Gartner. Hype Cycle for Blockchain Business. 2017.

Gunjan Bhardwaj. Can blockchain solve pharma's counterfeit drug problem? pharmaphorum2018.

Health Information & the Law Project. Who owns medical records: 50 state comparison. 2015.

Michael J. Casey, Vigna P. The Truth Machine: The Blockchain and the Future of Everything: St. Martin's Press; 2018.

Michael Shapiro, Johnston D, Wald J, Mon D. Patient-generated health data. White paper. (Prepared for Office of Policy and Planning, Office of the National Coordinator for Health Information Technology). Research Triangle Park. 2012(NC: RTI International).

Nestor Duch, Martens Bertin, Mueller-Langer Frank. The Economics of Ownership, Access and Trade in Digital Data2017.

Nitin Naik. Future of Blockchain Technology in Connected Health Ecosystem. Frost & Sullivan. 2017.

Ronald Noble. Anti-Counterfeiting Conference. 2009.

Rowe Gene, Wright George. The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. International Journal of Forecasting. 1999;15(4):353-75. doi: [https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(99\)00018-7](https://doi.org/10.1016/S0169-2070(99)00018-7).

Satoshi Nakamoto. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. 2008.

Sarah Underwood. Blockchain beyond bitcoin. Commun ACM. 2016;Vol.59, No.11:15-7.

WHO. Global Surveillance and Monitoring System. 2017.

World Economic Forum. The Future of Financial Infrastructure. 2016.

Woudenberg Fred. An evaluation of Delphi. Technological Forecasting and Social Change. 1991;40(2):131-50.

doi: [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(91\)90002-W](https://doi.org/10.1016/0040-1625(91)90002-W).

3. 참고 홈페이지

시사상식사전: pmg 지식엔진연구소; 2018.

<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=938300&cid=43667&categoryId=43667>.

산업융합 규제샌드박스.

<https://sandbox.kiat.or.kr/>.

국가법령정보센터.

<http://www.law.go.kr/LSW/main.html>.

메디트러스트.

<http://meditrust.io/>

23andMe.

<https://www.23andme.com/>.

Hash Generator.

<https://www.whatsmyip.org/hash-generator/>.

Apache Open Office.

<http://www.openoffice.org/download/index.html>.

부 록

< 부록 1 > 대상자 설명문



대상자 설명문

연구 제목 : 의료분야의 블록체인 기술 활용방안 연구

연구 책임자 : 연세대학교 보건대학원 국제보건학과 보건의료법윤리전공 석사과정 김정은

안녕하십니까? 저는 연세대학교 보건대학원 보건의료법윤리전공 석사과정 김정은입니다. 먼저 본 설문에 참여해 주셔서 감사드리며 이 연구는 자발적으로 참여 의사를 밝히신 분에 한하여 수행될 것입니다. 다음 내용을 읽어보신 후 설문에 참여하여 주시기 바랍니다. 설문에 참여하는 것은 본 연구에 대해 설명을 들었으며 귀하께서 본 연구에 참가를 원한다는 것을 의미합니다. 본 설문에 대한 설명은 다음과 같습니다.

1. 연구의 배경과 목적

본 설문은 블록체인 기술을 의료분야에 활용하기 위한 방안연구에 대한 일환으로 작성되었습니다. 박원순 서울 시장은 2018년 10월 스위스 취리히에서 '블록체인 도시 서울 추진계획(2018~2022년)'을 발표하였고 이에 따라 서울시는 블록체인 기술을 다방면으로 적용하기 위해 방안을 강구하고 있습니다. 뿐만 아니라 '유엔 미래보고서 2050'은 블록체인을 미래를 바꿀 10대 기술 중 하나로 꼽았고, IT시장조사기관인 '가트너'는 전 세계 블록체인 시장이 2030년 3조1,600억 달러 규모로 성장할 것으로 전망하기도 했습니다. 기존 중앙 집중방식의 시스템이 여러 보안장비와 소프트웨어를 통해 강력한 접근 제한을 하는 방식이라 한다면 블록체인 기술은 개방을 통해 완전한 보안을 유지하는 탈중앙화 기술입니다. 데이터를 모든 참여자들에게 개방하고 공유함으로써 보안을 강화합니다. 블록체인은 다양한 산업분야에 적용되고 있으나 아직까지 블록체인에 대한 선행연구는 한정된 특정 분야에 집중되어 있는 경향이 있습니다. 특히 블록체인 기술을 의료분야에 적용하는 실무적 활용 방안에 대한 연구는 매우 드물며 대부분 이론적 적용 가능성이나 특정 분야에서의 한정된 활용 방안에 대한 가능성을 제시하는 연구들만이 소수 진행된 바 있는데 이는 블록체인 기술이 아직 초기에 해당하기 때문이라 유추할 수 있습니다. 따라서 블록체인 기술을 의료분야에 도입하기 위한 다각적인 실증 연구가 필요하며 이를 위해 전문가를 대상으로 연구를 진행하게 되었습니다.

2. 연구에 참여하는 대상자의 수, 기간과 장소

이 연구는 20명 이상의 전문가를 연구대상자로 하며 귀하께서 연구 참여에 동의하실 경우 IRB 승인일로부터 2~3개월간 연구에 참여하시게 되고 전체 연구기간은 IRB 승인일로부터 최대 1년까지입니다.

대상자 선정기준은 20세 이상의 블록체인 사업을 운영하는 사업자, 블록체인 기술을 실제 활용할 수 있는 개발자, 관련 분야의 대학 교수, 관련 분야의 공공기관 담당자, 관련 내용으로 학술지나 단행본 출판 저자, 관련 분야의 박사논문 저자, 관련 내용으로 세미나나 컨퍼런스, 포럼 등에서 발표한 강연자, 전문연구기관의 연구위원 그리고 전문가로부터 추천받은 전문가 등으로입니다.

대상자 제외기준은 설문에 동의하지 않은 자, 문맹이나 외국인 등입니다.



3. 연구방법

이 연구는 전문가를 대상으로 하는 델파이 방법으로 진행됩니다. 델파이 방법(Delphi Technique Method)은 전문가의 의견을 수집하여 취합한 뒤 결론을 도출해나가는 것으로 특히 선행된 연구 자료가 많지 않은 경우 진행되는 분석기법이며 전문적 견해에 근거하여 앞으로 일어날 수 있는 다양한 상황을 예상하고 이에 대응하는 대안을 제시하는 방법으로 사회과학 분야에서 많이 활용되고 있습니다. 또한 물리적 회의 장소에 제한을 받지 않고, 전문가들의 의사소통과정을 구조화하여 절차의 반복과 통제된 피드백, 응답자의 익명성 보장, 통계적 집단반응의 절차를 통해 다수의 의견을 수렴할 수 있는 방법입니다.

델파이 방법에 의거하여 이 연구는 기본적으로 2차에 걸친 설문지를 통해 진행될 예정이며 이메일이나 온라인 설문지 형태로 진행되게 됩니다. 1차 서술형 설문 이후 1차 설문지의 답변 내용을 바탕으로 한 2차 설문지를 선택형으로 생성해 설문을 진행하여 객관적 수치를 측정합니다. 2차 설문지의 답변을 취합하여 도출된 결과에 따라 필요시 추가 설문이나 이메일 문의, 대면상담 등이 진행될 수도 있습니다. 설문기간은 총 2~3개월이며 각 설문지 소요시간은 30분 이내입니다.

4. 연구에 참여하여 기대할 수 있는 이익과 예상되는 위험 및 불편

귀하가 이 연구에 참여하는데 있어서 직접적인 이득은 없지만 본 설문지에 대한 응답은 학술연구에 더없이 귀중한 자료가 될 것입니다. 또한 설문조사와 관련하여 일정한 시간과 노력을 필요로 하고 장시간 설문지 응답할 경우 피로가 증가할 수 있습니다.

5. 연구 참여에 따른 보상

귀하가 이 연구에 참여시 매 회 설문을 완성하여 보내주실 때마다 기업해주신 휴대전화번호로 모바일 커피쿠폰(기프트콘)을 지급하여 드립니다. 사례는 귀하의 연구 참여 정도나 기간에 따라 조정될 수 있습니다.

6. 정보수집 및 개인정보에 대한 비밀보장

본 연구에 참여함으로써 귀하는 연구진이 귀하의 개인정보(연구과정에서의 설문조사 항목)를 수집하고 사용하는데 동의하게 되며 이는 2차에 걸쳐 진행되는 설문 발송 및 사례 지급을 위해 사용됩니다. 1차 설문을 통해 수집된 개인정보는 추후 진행될 2차 설문지에서도 공개되지 않을 것이며 연구에서 수집된 자료는 본 연구 목적으로만 사용될 예정이고 제 3자에게 제공되지 않을 것입니다. 연구를 통해 얻은 모든 개인 정보의 비밀 보장을 위해 최선을 다할 것이며 이 연구에서 얻어진 결과가 논문에 공개될 때 귀하의 이름과 다른 개인정보는 사용되지 않을 것입니다. 귀하의 개인정보는 개인정보보호법에 따라 적절히 관리되며 연구종료 후 1년 뒤에 폐기될 것입니다.

7. 참여/철회의 자발성

귀하는 언제든지 연구 참여를 철회할 수 있으며 본 연구에 참여하지 않을 자유가 있습니다. 귀하



가 본 연구에 참여하지 않아도 귀하에게 어떠한 불이익도 없습니다.

8. 연락처

이 연구에 관하여 궁금한 점이 있는 경우 아래의 연구자에게 연락하여 주시면 정성껏 답변하여 드리겠습니다. 감사합니다.

연구자 성명 : 김정은

연구자 이메일 : if112@naver.com

< 부록 2 > 1차 설문지

I. 다음은 설문 대상자 특성에 관한 문항입니다.

1. 귀하의 성함은 무엇입니까?
2. 귀하의 휴대전화번호는 무엇입니까?
3. 귀하의 이메일 주소는 무엇입니까?
4. 귀하의 성별은 무엇입니까?
① 남성 ② 여성
5. 귀하의 전공분야는 무엇입니까?(복수선택 가능)
① IT ② 의료 ③ 법 ④ 정보/데이터 ⑤ 기타()
6. 귀하의 직업은 무엇입니까?(복수선택 가능)
① 교수 ② 개발자 ③ 의료인 ④ 사업가 ⑤ 법조인
⑥ 연구원/공무원 ⑦ 기타()
7. 귀하는 블록체인에 대해 관심을 가졌거나 해당 분야와 관련된 업무를 하게 된지 얼마나 되셨습니까?
① 1년 미만 ② 1년~2년 미만 ③ 2년~5년 미만 ④ 5~10년 미만
⑤ 10년 이상

II. 다음은 블록체인에 대한 견해를 묻는 문항입니다. 각 질문에 자유롭게 가감 없이 답변을 기술하여 주시기를 부탁드립니다.

1. 블록체인의 여러 가지 특성 중 의료분야에 접목할만한 가장 큰 특징이나 장점은 무엇이라고 생각하십니까?
2. 블록체인 기술을 의료분야의 어느 부분에 어떻게 적용해서 활용하는 것이 가장 효과적일 것으로 생각되는지 순서대로 최대한 나열해 주시고 그 이유를 간단히 기술해주시기 바랍니다.
3. 현재 진행 중인 국내/외 의료분야의 블록체인 적용 사례 중 눈여겨볼 만한 것이 있으면 나열해주시고 그 이유를 간단히 기술해주시기 바랍니다.
4. 현재 블록체인 기술을 의료분야에 적용하고 활성화하기 위해 해소되어야 하는 실제적 문제점이나 제한점에 대해 나열하고 그 이유를 간단히 기술해주시기 바랍니다.
5. 귀하가 예상하는 블록체인을 접목한 미래 의료분야의 모습은 어떤 모습입니까?
긍정적이든 부정적이든 상관없이 실제로 예상되는 미래의 모습을 가감 없이 설명해주시기 바랍니다.
6. 이 주제와 관련하여 기타 의견이 있으신 경우 자유롭게 말씀해주시기 바랍니다.

※ 바쁘신 가운데 귀중한 시간을 내시어, 설문지 작성에 적극 협조해 주신 것에 대해 감사드립니다. 2차 설문에도 참여해주시길 부탁드립니다.

< 부록 3 > 2차 설문지

I. 의료분야 블록체인에 대한 견해

1. 블록체인을 의료분야에 적용할 때 가장 중요하게 고려해야 할 블록체인 기술의 장점이 무엇이라고 생각하십니까?
 - ① 의료정보의 무결성(위·변조 불가능)
 - ② 진료 및 활용내역의 투명성(조회 가능성)
 - ③ 탈중앙화와 분산원장에 따른 의료정보 분실방지
 - ④ 의료정보의 보안성
 - ⑤ 토큰 이코노미(ICO 등)를 활용한 의료산업 활성화
 - ⑥ 스마트 계약을 기반으로 한 다양한 의료서비스 계약

2. 의료 블록체인 기술과 융합되면 가장 효율적일 것 같은 기술이 무엇이라고 생각하십니까?
 - ① 정밀의료
 - ② 인공지능(AI)
 - ③ 빅데이터
 - ④ 사물인터넷(IoT)
 - ⑤ 가상현실(VR) & 현실증강(AR)

3. 의료정보의 소유권은 누구에게 있다고 생각하십니까?
 - ① 개인(환자)
 - ② 의료기관(의료인)
 - ③ 정부(국가)
 - ④ 공공재이므로 누구에게도 독점적 소유권 없음

4. 블록체인을 의료분야에 적용하게 되면 가장 이익을 얻게 될 것이라 예상되는 집단을 골라주시기 바랍니다.
 - ① 개인(환자)
 - ② 의료기관(의료인)
 - ③ 정부(국가)
 - ④ 의료분야의 블록체인 사업가

5. 블록체인을 의료분야에 적용할 때 프로젝트나 사업을 주관하는 주체로 가장 적절하다고 생각되는 집단을 골라주시기 바랍니다.

- ① 개인이나 스타트업
- ② 개인병원이나 중소병원
- ③ 대기업
- ④ 대형병원(3차 병원, 대학병원)
- ⑤ 정부(국가)
- ⑥ (비영리)국제기구

[6~10번] 블록체인을 의료분야에 적용할 때 상충되는 가치 중 어느 쪽에 더 비중을 두고 고려해야 한다고 생각하시는지 점수를 골라주시기 바랍니다.

(1 ~ 9점)

6. 보안성 - 투명성/신뢰성

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
보안성	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	투명성/신뢰성

7. 보안성 - 효율성/편의성

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
보안성	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	효율성/편의성

8. 보안성 - 공공성

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
보안성	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	공공성

9. 보안성 - 개인이나 기관의 영리추구 자율성

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
보안성	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	자율성

10. 공공성 - 개인이나 기관의 영리추구 자율성

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
공공성	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	자율성

11. 블록체인을 의료분야에 적용하는데 있어서 가장 큰 제약사항이라고 생각되는 것을 골라주시기 바랍니다.(최대 3가지 선택 가능)

- ① 현재 블록체인 기술의 한계
- ② 비용대비 낮은 효율성
- ③ 블록체인 도입에 대한 낮은 필요성
- ④ 의료정보의 비표준화/비정형화
- ⑤ 이해 당사자 간의 이해충돌
- ⑥ 블록체인 기술에 대한 보건의료종사자의 낮은 이해도와 수용의도
- ⑦ 엄격한 의료정보 보호 관련 법률

12. 블록체인을 의료분야에 적용하는데 있어서 블록체인 기술이 가진 한계/특성 중 가장 큰 이슈가 무엇이라고 생각하십니까?

- ① 블록체인에 올리기에 의료정보의 크기가 너무 큼(CT, MRI 등 영상정보 포함)
- ② 추후 암호해독기술의 발달로 암호가 풀리면 원본 의료정보의 유출 위험이 존재함
- ③ 한번 기록을 올리고 나면 수정, 삭제가 불가함(환자의 삭제권 행사 불가)
- ④ 스마트 계약으로 인해 거버넌스나 책임소재가 불명확함
- ⑤ 모든 참여자들이 모든 원본 정보를 저장하는 것은 비효율적임

13. 현재의 병원 중심의 의료시스템에서 가장 큰 문제가 무엇이라고 생각하십니까?

- ① 병원 간의 환자 정보 공유 불가
- ② 환자 자신의 의료정보 소유 및 관리 불가
- ③ 개인이나 기관이 소유한 의료정보 활용 불가
- ④ 의료기록 위변조의 위험성
- ⑤ 불편한 보험청구 시스템
- ⑥ 표준화되지 않은 의료정보

II. 의료분야 블록체인에 대한 견해

[14~23번] 블록체인을 의료분야에 적용할 때 상황별 견해를 묻는 질문입니다. 해당되는 곳에 체크해주시기 바랍니다.

(① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 그저 그렇다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다)

14. 현재 의료시스템이 가지고 있는 문제들이 블록체인이 도입되면 해결될 것이라고 생각하십니까?

	1	2	3	4	5	
전혀 그렇지 않다	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	매우 그렇다

15. 가상 화폐 공개(ICO)를 통해 자금을 마련해서 의료분야에서의 블록체인 사업을 다양하게 확장하는 것에 대해 전망이 있다고 보십니까?
(ICO 합법 가정 시)

	1	2	3	4	5	
전혀 그렇지 않다	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	매우 그렇다

16. 가상 화폐 공개(ICO)나 크라우드펀딩을 통해 자금을 마련해서 의료기관을 설립하고 다른 블록체인 기업처럼 노드(참여자)에게 수익을 배분하는 것이 가능하다고 생각하십니까? (ICO 합법 가정 시)

	1	2	3	4	5	
전혀 그렇지 않다	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	매우 그렇다

17. 암호화폐같은 보상시스템을 갖추지 않고 블록체인을 활용한 의료시스템 구축이 가능하다고 생각하십니까?

	1	2	3	4	5	
전혀 그렇지 않다	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	매우 그렇다

18. 현재 블록체인을 의료분야에서 활발히 활용하고 있다고 생각하십니까?

	1	2	3	4	5	
전혀 그렇지 않다	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	매우 그렇다

19. 10년 뒤 블록체인을 의료분야에서 활발히 활용하게 될 것이라 예상하십니까?

	1	2	3	4	5	
전혀 그렇지 않다	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	매우 그렇다

20. 현재 의료시스템을 고려해봤을 때 블록체인을 의료분야에 도입하는 것이 비용 대비 효율적이라고 생각하십니까?

	1	2	3	4	5	
전혀 그렇지 않다	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	매우 그렇다

21. 10년 뒤 블록체인을 의료분야에 도입하는 것이 비용 대비 효율적일 것이라고 예상하십니까?

	1	2	3	4	5	
전혀 그렇지 않다	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	매우 그렇다

22. 현재 의료시스템을 고려해봤을 때 의료분야에 블록체인 도입이 꼭 필요하다고 생각하십니까?

	1	2	3	4	5	
전혀 그렇지 않다	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	매우 그렇다

23. 10년 뒤 블록체인이 의료분야에서 꼭 필요한 기술이 될 것이라고 예상하십니까?

	1	2	3	4	5	
전혀 그렇지 않다	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	매우 그렇다

24. 블록체인 기술을 활용하기에 적합하다고 생각되는 의료분야를 다음 중에서 모두 골라주시기 바랍니다.

- ① 개인의 유전자 정보 저장 및 활용
- ② 환자의 동의하에 의료정보 병원 간 공유
- ③ 자신의 의료정보 소유, 관리 및 활용
- ④ 개인이 생산해내는 건강정보(디바이스 이용 등)의 가치부여 및 활용
- ⑤ (실손)의료보험 간편 가입, 청구 및 심사
- ⑥ 의약품의 품질 관리 및 고위험 의약품의 투명한 사용 관리
- ⑦ 암호화폐 보상을 기반으로 한 의료전문가의 인터넷 상담
- ⑧ 타임스탬프를 통해 병원의 중요 의료정보의 악의적 위변조 방지
- ⑨ 인간을 대상으로 한 임상시험의 결과 조작 방지
- ⑩ 전자 처방전 발행
- ⑪ 외국 거주 환자(외국인 포함) 원격진료 후 암호화폐로 진료비 결제
- ⑫ 개인의 건강보험 정보 및 진료내역 관리(전자 건강보험증)

25. 이상 설문에 대한 내용 중 언급하거나 부연하고 싶은 내용이 있으시거나 기타 견해가 있으신 경우 자유롭게 말씀해주시기 바랍니다.

※ 설문에 참여해주셔서 대단히 감사합니다.

< 부록 4 > 설문응답정리

1. 연구대상자의 특성

[질문] 귀하의 성별은 무엇입니까?

성별	명수(명)	백분율(%)
남자	35	92.11
여자	3	7.89
총	38	100

[질문] 귀하의 전공분야는 무엇입니까?(복수선택 가능)

* 복수응답 가능

전공	명수(명)	백분율(%)
IT	20	52.63
기타	9	23.68
의료	8	21.05
정보/데이터	6	15.79
법	4	10.53

전공 재분류	명수(명)	백분율(%)
IT	13	34.21
의료	8	21.05
경영/정책	7	18.42
법	4	10.53
정보/데이터	4	10.53
기타	2	5.26
총	38	100

[질문] 귀하의 직업은 무엇입니까?(복수선택 가능)

* 복수응답 가능

직업	명수(명)	백분율(%)
교수	14	36.84
연구원/공무원	9	23.68
개발자	7	18.42
사업가	7	18.42
의료인	5	13.16
기타	3	7.89
법조인	1	2.63

직업 재분류	명수(명)	백분율(%)
연구원/공무원	9	23.68
교수	8	21.05
개발자	6	15.79
사업가	6	15.79
의료인	5	13.16
기타	4	10.53
총	38	100

[질문] 귀하는 블록체인에 대해 관심을 가졌거나 해당 분야와 관련된 업무를 하게 된 지 얼마나 되셨습니까?

연구기간	명수(명)	백분율(%)
1년~2년 미만	16	42.11
2년~5년 미만	14	36.84
1년 미만	5	13.16
5년~10년 미만	3	7.89
10년 이상	0	0
총	38	100

2. 의료분야에 적용 가능한 블록체인의 장점

[질문] 블록체인을 의료분야에 적용할 때 가장 중요하게 고려해야 할 블록체인의 장점이 무엇이라고 생각하십니까?

블록체인의 장점	명수(명)	백분율(%)
의료정보의 무결성(위·변조 불가능)	17	44.74
진료 및 활용내역의 투명성(조회 가능성)	8	21.05
의료정보의 보안성	7	18.42
스마트 계약을 기반으로 한 다양한 의료서비스 계약	3	7.89
탈중앙화와 분산원장에 따른 의료정보 분실방지	2	5.26
토큰 이코노미(ICO 등)를 활용한 의료산업 활성화	1	2.63
총	38	100

3. 의료분야에 블록체인과 융합 가능한 IT 기술

[질문] 의료 블록체인 기술과 융합되면 가장 효율적일 것 같은 기술이 무엇이라고 생각하십니까?

융합하기 좋은 기술	명수(명)	백분율(%)
빅데이터	17	44.74
인공지능	12	31.58
정밀의료	6	15.79
사물인터넷	3	7.89
가상현실(VR) & 현실 증강(AR)	0	0
총	38	100

4. 의료정보의 소유권

[질문] 의료정보의 소유권은 누구에게 있다고 생각하십니까?

의료정보 소유권자	명수(명)	백분율(%)
개인(환자)	33	86.84
공공제이므로 누구에게도 독점적 소유권 없음	5	13.16
정부(국가)	0	0
의료기관(의료인)	0	0
총	38	100

5. 의료분야에 블록체인 적용 시 이익집단과 적용 주체

[질문] 블록체인을 의료분야에 적용하게 되면 가장 이익을 얻게 될 것이라 예상되는 집단을 골라주시기 바랍니다.

이익집단	명수(명)	백분율(%)
개인(환자)	21	55.26
의료기관(의료인)	8	21.05
의료분야의 블록체인 사업가	5	13.16
정부(국가)	4	10.53
총	38	100

[질문] 블록체인을 의료분야에 적용할 때 프로젝트나 사업을 주관하는 주체로 가장 적절하다고 생각되는 집단을 골라주시기 바랍니다.

블록체인 프로젝트 주체	명수(명)	백분율(%)
개인이나 스타트업	12	31.58
대형병원(3차 병원, 대학병원)	12	31.58
정부(국가)	9	23.68
대기업	4	10.53
(비영리) 국제기구	1	2.63
총	38	100

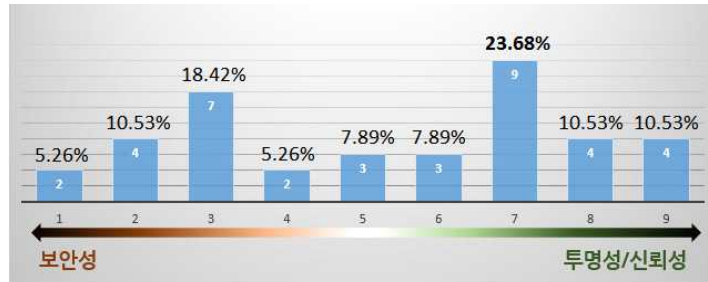
6. 의료분야에 블록체인 적용 시 상충되는 가치 비교

[질문] 블록체인을 의료분야에 적용할 때 상충되는 가치 중 어느 쪽에 더 비중을 두고 고려해야 한다고 생각하는지 점수를 골라주시기 바랍니다.

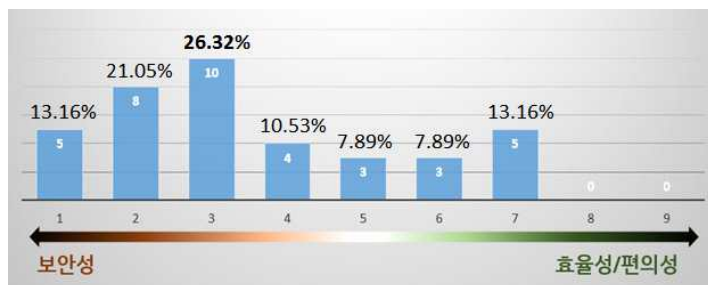
(1~9점)

가치 비교	최빈 값	중위 수	평균	표준 편차
보안성 - 투명성/신뢰성	7	6	5.34	2.51
보안성 - 효율성/편의성	3	3	3.55	1.94
보안성 - 공공성	3	4	4.16	2.03
보안성 - 개인이나 기관의 영리추구 자율성	2	3	3.58	2.26
공공성 - 개인이나 기관의 영리추구 자율성	3	4	4.32	2.33

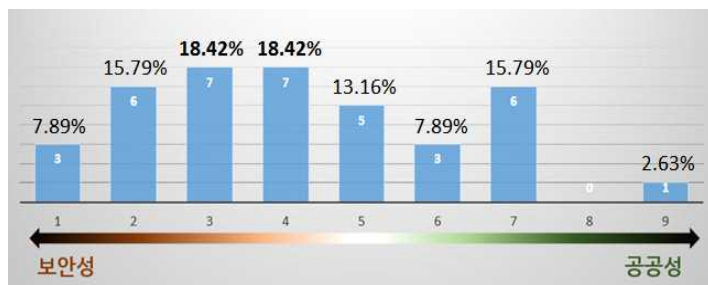
< 보안성 - 투명성/신뢰성 가치 비교 >



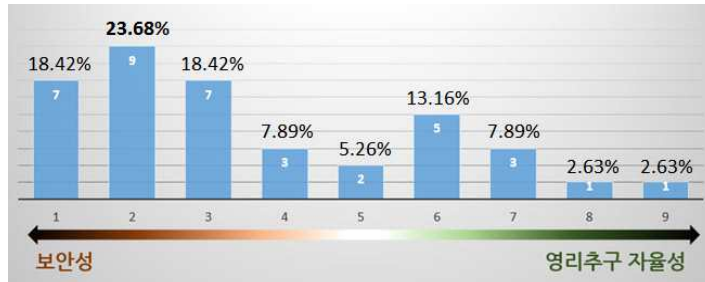
< 보안성 - 효율성/편의성 가치 비교 >



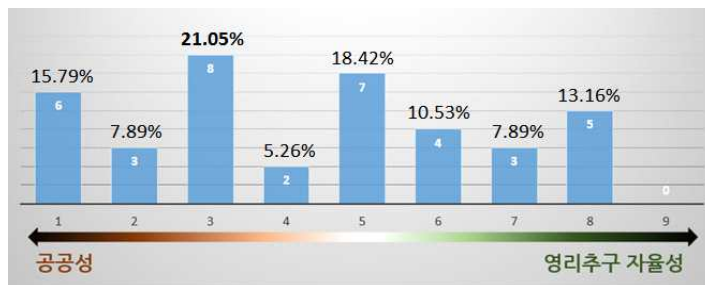
< 보안성 - 공공성 가치 비교 >



< 보안성 - 영리추구 자율성 가치 비교 >



< 공공성 - 영리추구 자율성 가치 비교 >



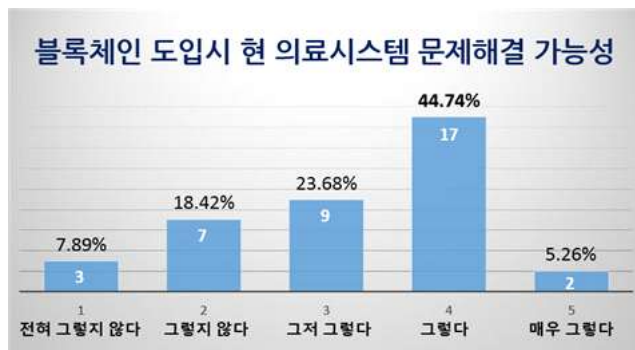
7. 현 의료시스템의 문제점

[질문] 현재의 병원 중심의 의료시스템에서 가장 큰 문제는 무엇이라고 생각하십니까?

현재 의료시스템의 문제점	명수(명)	백분율(%)
환자 자신의 의료정보 소유 및 관리 불가	12	31.58
병원 간의 환자 정보 공유 불가	10	26.32
표준화되지 않은 의료정보	9	23.68
개인이나 기관이 소유한 의료정보 활용 불가	7	18.42
의료기록 위·변조의 위험성	0	0
불편한 보험청구 시스템	0	0
총	38	100

[질문] 현재 의료시스템이 가지고 있는 문제들이 블록체인이 도입되면 해결 될 것이라고 생각하십니까?

(①전혀 그렇지 않다 ②그렇지 않다 ③그저 그렇다 ④그렇다 ⑤매우 그렇다)



8. 의료분야에서의 사업 자금조달

[질문] 블록체인을 의료분야에 적용할 때 상황별 견해를 묻는 질문입니다. 해당되는 곳에 체크해주시기 바랍니다.

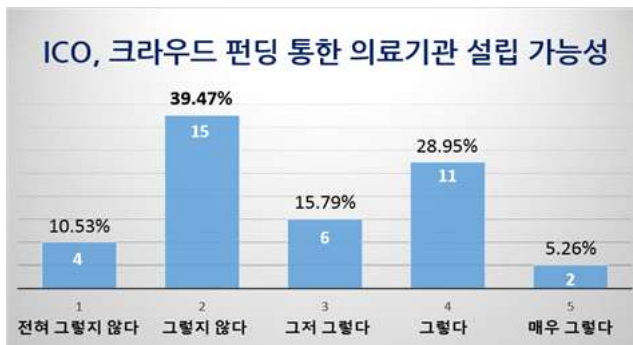
(①전혀 그렇지 않다 ②그렇지 않다 ③그저 그렇다 ④그렇다 ⑤매우 그렇다)

ICO, 클라우드펀딩, 암호화폐	최빈값	중위수	평균	표준편차
ICO를 통해 자금을 마련해서 의료분야에 블록체인 사업을 다양하게 확장하는 것에 전망이 있다고 보는가?	4	3	3.16	1.2
ICO나 클라우드 펀딩을 통해 자금을 마련해서 의료기관을 설립하는 것에 가능성이 있다고 보는가?	2	2.5	2.79	1.14
암호화폐 같은 보상시스템을 갖추지 않고 블록체인을 활용한 의료시스템 구축이 가능하다고 보는가?	5	4	3.5	1.29

[질문] 가상화폐공개(ICO)를 통해 자금을 마련해서 의료분야에서의 블록체인 사업을 다양하게 확장하는 것에 대해 전망이 있다고 보십니까?
 (ICO 합법 가정 시)



[질문] 가상화폐공개(ICO)나 클라우드펀딩을 통해 자금을 마련해서 의료기관을 설립하고 다른 블록체인 기업처럼 노드(참여자)에게 수익을 배분하는 것에 대해 긍정적으로 가능성이 있다고 보십니까?
 (ICO 합법 가정 시)



[질문] 암호화폐같은 보상시스템을 갖추지 않고 블록체인을 활용한 의료시스템 구축이 가능하다고 생각하십니까?



9. 의료분야에 블록체인을 적용하는 것에 대한 효율성과 필요성

[질문] 블록체인을 의료분야에 적용할 때 상황별 견해를 묻는 질문입니다. 해당되는 곳에 체크해주시기 바랍니다.

(①전혀 그렇지 않다 ②그렇지 않다 ③그저 그렇다 ④그렇다 ⑤매우 그렇다)

활용성/효율성/필요성	최빈 값	중위 수	평균	표준 편차
현재 블록체인 기술을 활발히 활용하고 있다고 생각하십니까?	1	1.5	1.76	1.02
10년 뒤 블록체인 기술을 활발히 활용하게 될 것이라고 생각하십니까?	4	4	4.05	0.77
현재 의료시스템을 고려해봤을 때 블록체인 도입이 비용대비 효율적이라고 생각하십니까?	2	3	3.37	1.1
10년 뒤 의료분야에 블록체인 도입이 비용대비 효율적일 것이라고 생각하십니까?	4	4	3.87	1.02
현재 의료시스템을 고려해봤을 때 블록체인 도입이 꼭 필요하다고 생각하십니까?	4	4	3.61	1.08
10년 뒤 의료분야에 블록체인 도입이 꼭 필요하게 될 것이라고 예상하십니까?	4	4	3.92	1.05

10. 의료분야에 블록체인 적용 시 제약사항 및 한계점

[질문] 블록체인을 의료분야에 적용하는데 있어서 가장 큰 제약사항이라고 생각되는 것을 골라주시기 바랍니다. (최대 3가지 선택 가능)

* 복수응답 가능

블록체인 적용 시 제약사항	명수(명)	백분율(%)
엄격한 의료정보보호 관련 법률	24	63.16
의료정보의 비표준화/비정형화	22	57.89
이해 당사자 간의 이해충돌	20	52.63
현 블록체인 기술의 한계	15	39.47
블록체인 기술에 대한 보건의료분야 종사자의 낮은 이해도와 수용의도	11	28.95
블록체인 도입에 대한 낮은 필요성	6	15.79
비용 대비 낮은 효율성	5	13.16

[질문] 블록체인을 의료분야에 적용하는데 있어서 블록체인 기술이 가진 한계/특성 중 가장 큰 이슈가 무엇이라고 생각하십니까?

블록체인의 기술적 한계점	명수(명)	백분율(%)
한번 기록을 올리고 나면 수정, 삭제가 불가함(환자의 삭제권 행사 불가)	14	36.84
추후 암호해독기술의 발달로 암호가 풀리면 원본 의료정보의 유출 위험이 존재함	7	18.42
스마트계약으로 인해 거버넌스나 책임소재가 불명확함	6	15.79
모든 참여자들이 모든 원본 정보를 저장하는 것은 비효율적임	6	15.79
블록체인에 올리기에 의료정보의 크기가 너무 큼(CT, MRI 등 영상정보 포함)	5	13.16
총	38	100

11. 블록체인 기술을 적용 가능한 의료분야 고찰

[질문] 블록체인 기술을 활용하기에 적합하다고 생각되는 의료분야를 다음 중에서 모두 골라주시기 바랍니다.

* 복수응답 가능

의료 세부분야에 블록체인 활용 가능성	명수(명)	백분율(%)
환자의 동의하에 의료정보 병원 간 공유	32	84.21
자신의 의료정보 소유, 관리 및 활용	28	73.68
전자 처방전 발행	21	55.26
타임스탬프를 통해 병원 의료정보의 악의적 위·변조 방지	21	55.26
(실손)의료보험 간편 가입, 청구 및 심사	20	52.63
개인의 유전자정보 저장 및 활용	18	47.37
의약품의 품질 관리 및 고위험 의약품의 투명한 사용 관리	17	44.74
개인이 생산해내는 건강정보(디바이스 이용 등)의 가치부여 및 활용	17	44.74
개인의 건강보험 정보 및 진료내역 관리(전자 건강보험증)	16	42.11
인간을 대상으로 한 임상시험의 결과 조작 방지	16	42.11
암호화폐 보상을 기반으로 한 의료전문가의 인터넷 상담	9	23.68
외국 거주 환자(외국인 포함) 원격진료 후 암호화폐로 진료비 결제	7	18.42

Abstract

A study on the application of blockchain technology in healthcare

KIM, JUNGUN

Department of Public Health Law and Ethics

The Graduate School of Public Health

Yonsei University, Seoul, Korea

Directed by Professor Kim, So Yoon, M.D., Ph.D.

As the notion of Blockchain has been debated by many worldwide, various attempts have been made to incorporate Blockchain technology from the financial sector to the healthcare sector. Blockchain technology is now considered as a resolution to the problems of data in the field of healthcare. Current data entry system is exposed to risk of outside attack or falsification. Additionally, since medical records are owned solely by clinical sites, patients have limitations in terms of owning or utilizing one's medical records; even worse, lack of communication among clinical sites poses a challenge for other clinics to check patient's past medical history.

However, how to utilize Blockchain technology in the field of healthcare has not been studied thoroughly, and even the rare studies are mostly done by IT professionals and consultants instead of those in the field of healthcare. Since the healthcare sector is significantly influenced by the national insurance policy and socioeconomic impacts, an international study can not be directly applied to that of Korea and requires a separate study. Therefore, this two-stepped study was conducted in Korea with a total of 38 experts from various fields and applied Delphi methods to analyze.

According to the study, the first question posed is the biggest advantage of

blockchain technology in application to the field of healthcare. 17 out of 38 respondents(44.74%) answered “integrity of medical information(no falsification)”. And 17 out of 38(44.74%) responded “big data” is the most beneficial for integrating blockchain in the field. 33 out of 38(86.84%) responded “patients” should have the ownership of their medical records, and 21 out of 38(55.26%) considered “patients” to be the group that will receive the most benefit from blockchain technology. 12 out of 38(31.58%) answered “patients not owning or managing their own medical records” is the most serious problem in the current healthcare system. Additionally, 19 out of 38(50%) responded positively to the role of blockchain in resolving current healthcare problems. 24 out of 38(63.16%) considered that the main restriction in application of blockchain in the field of healthcare is “strict medical information protection laws”. 14 out of 38(36.84%) chose “cannot be modified or deleted once records are posted” as the biggest challenge among the technical characteristics or limitations of Blockchain. More than 80% of participants chose “sharing medical records among clinical sites” as the most possible application of blockchain in the field of healthcare. The use of blockchain in the field of healthcare will change the working patterns of healthcare workers, and will diversify healthcare services.

Blockchain is a future-oriented technology evolving in various forms and implies infinite potential. The concept of Blockchain technology may be more difficult to understand rather than the developing system itself; therefore, more healthcare professionals with insight, creativity and understanding of blockchain notions should apply blockchain in the field of healthcare. Lastly, further study should be conducted on the individualized and empirical utilization of blockchain in the field of healthcare presented in this study.

Key words: healthcare, blockchain, application, delphi, medical data, future studies